



Institut National Polytechnique  
Félix HOUPHOUËT-BOIGNY



---

# Révision des normes d'aménagement des forêts classées de Côte d'Ivoire

## Rapport d'expertise scientifique

---

Dr LOUPPE Dominique, Dr-HDR HERAULT Bruno

**Centre International de Recherche en Agronomie pour le Développement**

Dr-Ing. ZO-BI Irié Casimir ZO-BI, Ing. KOUADIO Kouakou Bob

**Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny**



## Sommaire

<b>1.</b>	<b><i>Introduction.....</i></b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b><i>Contexte et Justification de l'étude.....</i></b>	<b>5</b>
<b>3.</b>	<b><i>Objectifs et résultats attendus.....</i></b>	<b>6</b>
<b>4.</b>	<b><i>Bases scientifiques pour alimenter la réflexion.....</i></b>	<b>7</b>
	<b>La forêt naturelle productrice de bois d'œuvre.....</b>	<b>7</b>
	<b>La forêt naturelle source de multiples produits et services .....</b>	<b>7</b>
	<b>La question des diamètres minimums d'exploitation.....</b>	<b>8</b>
<b>5.</b>	<b><i>Analyse des nouvelles règles de Sylviculture .....</i></b>	<b>13</b>
	<b>Répartition des semenciers à conserver .....</b>	<b>14</b>
	<b>Seuils de conservation des semenciers.....</b>	<b>14</b>
	<b>Surface terrière à conserver après exploitation .....</b>	<b>14</b>
	<b>Ratios P1/P pour la régénération en forêts exploitées .....</b>	<b>15</b>
	<b>Durée de la rotation.....</b>	<b>16</b>
	<b>État de la régénération .....</b>	<b>16</b>
	<b>Accroissements, rotations et productivité .....</b>	<b>16</b>
	<b>Essences et zones à protéger.....</b>	<b>16</b>
	<b>Les éclaircies .....</b>	<b>17</b>
	<b>Ensemencement / Reboisements de conversion .....</b>	<b>17</b>
	<b>Autres remarques.....</b>	<b>17</b>
<b>6.</b>	<b><i>Cas d'étude : les forêts de Yaya et de Cavally .....</i></b>	<b>18</b>
	<b>Forêt de Yaya .....</b>	<b>19</b>
	<b>Forêt du Cavally.....</b>	<b>22</b>
<b>7.</b>	<b><i>Réflexions complémentaires sur le rôle du volume laissé en place .....</i></b>	<b>26</b>
<b>8.</b>	<b><i>Conclusions .....</i></b>	<b>28</b>
<b>9.</b>	<b><i>Références .....</i></b>	<b>29</b>
	<b><i>Annexes.....</i></b>	<b>31</b>
	<b>Annexe 1 : Evolution de l'exploitation du bois d'œuvre en Côte d'Ivoire .....</b>	<b>31</b>
	<b>Annexe 2 : Espèces exploitées en Côte d'Ivoire.....</b>	<b>32</b>
	<b>Annexe 3 - Comment calcule-t-on les DME ? .....</b>	<b>35</b>
	<b>Annexe 4 - Effectifs par classes de diamètres des essences potentiellement exploitables de la forêt de Yaya.....</b>	<b>36</b>
	<b>Annexe 5 - Effectifs par classes de diamètres des essences potentiellement exploitables de la forêt de Cavally.....</b>	<b>37</b>



## 1. Introduction

La gestion de l'ensemble des forêts classées de Côte d'Ivoire a été confiée à la SODEFOR par arrêté n°33 du 13 février 1992. Un an plus tard, la SODEFOR a initié l'aménagement durable de ce patrimoine forestier national. Avec l'aide des chercheurs du département Forêt l'ex-IDEFOR (IDEFOR/DFO), elle a donc élaboré des règles de sylviculture et d'exploitation du bois. Cette initiative a abouti à la rédaction des « règles de culture et d'exploitation en forêt dense » (en abrégé "RSE 1993") à la suite d'un atelier de réflexion qui a eu lieu le 7 janvier 1993, à Abengourou.

Comme condition *sine qua non* de l'aménagement durable des peuplements forestiers naturels, les RSE 1993 sous-tendent que la sylviculture doit, avant tout, garantir la bonne régénération des peuplements, en quantité et en qualité. Dans la pratique, cette sylviculture distingue deux catégories d'arbres : les arbres d'espèces commerciales ou espèces principales et les arbres d'espèces non commerciales ou espèces secondaires. Selon le diamètre, les arbres d'espèces principales sont subdivisés en trois entités : les arbres exploitables (arbres de  $\varnothing \geq 50$  cm), les arbres d'avenir (arbres de  $20 \text{ cm} \leq \varnothing \leq 50$  cm), et la régénération (arbres de  $5 \text{ cm} \leq \varnothing \leq 20$  cm).

Les forêts classées se trouvent actuellement dans un état dégradé et appauvri en espèces principales. Une étude récente (Sanogo 2018) a montré que parmi les 65 espèces qui sont régulièrement exploitées en Côte d'Ivoire, seulement 11 espèces font l'objet de reboisement chaque année. En outre, ces espèces de reboisement sont essentiellement dominées par des espèces exotiques telles que le Teck, le Cedrela ou le Gmelina. Ceci mérite donc d'avoir une attention très particulière pour la régénération naturelle des essences indigènes, d'où l'intérêt réel de garder un nombre suffisant de semenciers après exploitation.

Le semencier est en effet, un arbre que l'on sélectionne pour ses caractères phénotypiques supérieurs à tous ceux de la même espèce qui croissent sur une superficie donnée. C'est donc un arbre de qualité exceptionnelle, susceptible de donner des descendants de valeur et que l'on conserve pour cette raison, même s'il pourrait déjà être récolté. Cette démarche permet d'améliorer le capital génétique de la régénération et garantit la durabilité de la production de bois d'œuvre.

Dans ce contexte de forte dégradation des forêts classées, et au regard de la nécessité de perpétuer l'exploitation des peuplements naturels, les principales questions qui s'imposent aux décideurs sont de savoir :

- ✓ Quelles sont les conditions préalables, et les caractéristiques idoines d'exploitation forestières qui garantissent la gestion durable des ressources ?
- ✓ Quels doivent être les seuils de richesse, et de prélèvement à respecter pour les peuplements exploitables ?
- ✓ Quel est l'impact des critères de déclenchement de l'exploitation proposés par les RSE 2017 ?

## 2. Contexte et Justification de l'étude

Le périmètre de cette étude ne concerne que les forêts naturelles classées du domaine privé de l'Etat.

Ce rapport ne veut pas se substituer aux instances nationales de décision que sont le Ministère des Eaux et Forêts et la Sodefor. Il n'a pour prétention que de présenter des données scientifiques destinées à éclairer ces décideurs dans leurs choix d'aménagement des forêts naturelles encore peu perturbées.

La Société de Développement des Forêts (SODEFOR) est la société gestionnaire des forêts classées de Côte d'Ivoire. Elle s'est dotée en 1992 de normes d'aménagement des forêts naturelles : « Règles de culture et d'exploitation en forêts denses ». Or, compte tenu de l'état actuel des forêts, la plupart de celles-ci ne

peuvent être ouvertes à l'exploitation en respectant ces normes, qui sont d'ailleurs différentes des pratiques de terrain.

En vue de parvenir à une gestion durable des forêts classées et s'adapter au processus APV/FLEGT, les règles de sylviculture de 2002 devaient être révisées pour être adaptées au contexte des forêts classées, notamment la mise à jour de :

- la liste des essences par catégorie P1, P2 et P3 (P1 regroupant les essences les plus commercialisées),
- des seuils de richesse, critère principal de déclenchement de l'exploitation, et les seuils de prélèvement
- des conditions préalables et des caractéristiques de l'exploitation pour qu'elles soient adaptées au contexte des forêts classées et permettent une gestion durable des ressources.

Cette révision a donné lieu à un atelier de validation le 21-22 Juin 2017 avec les parties prenantes principales (aménagiste des gros opérateurs, Sodefor, CNRA, WCF) qui se demandent si le seuil de déclenchement (seuil de richesse) de l'exploitation peut être revu à la baisse sans entacher la durabilité de la ressource. Les aménagistes de la SODEFOR pensent qu'il est acceptable de considérer que le seuil de déclenchement est de 10 arbres/ ha (P1+P2+P3) de 40cm de Ø et plus, précisant que les arbres semenciers fructifient à partir de 40 cm et non à partir de 50 cm.

Le WCF souhaite avoir un avis d'experts des scientifiques du Cirad et de l'INP-HB pour aider à la réflexion sur ce sujet.

### 3. Objectifs et résultats attendus

L'objectif général de cette expertise est de contribuer à la gestion durable des forêts classées de Côte d'Ivoire.

L'objectif spécifique est d'actualiser les conditions préalables à l'exploitation et les caractéristiques de l'exploitation, et notamment de réviser principalement la section 3 "Une sylviculture appropriée à chaque type de peuplement forestier" des règles de sylviculture version 2017, et si les experts ont le temps de commenter les autres normes d'aménagement des forêts classées (inventaire diagnostic etc.) cela sera apprécié.

Les résultats attendus sont (en priorité)

- les seuils de richesse des essences forestières à prendre en compte dans l'analyse des inventaires forestiers pour une gestion durable des forêts sont définis ;
- les conditions préalables et les caractéristiques de l'exploitation sont-elles adaptées au contexte des forêts classées et permettent-elles une gestion durable des ressources ? ;
- l'impact des critères de déclenchement de l'exploitation proposés est démontré / étudié
- Les seuils de prélèvement à respecter sont vérifiés.

En secondaire (si le temps le permet, la durée de l'expertise étant limitée à 5 jours) : des orientations d'aménagement en fonction des types de peuplement sont disponibles

## 4. Bases scientifiques pour alimenter la réflexion

Avant d'entrer dans le détail des modalités d'exploitation des forêts classées de Côte d'Ivoire, il nous semble important de faire un rapide survol de ce qu'est la forêt naturelle, des produits et services qu'elle dispense, et des normes d'exploitation/gestion pratiquées ailleurs.

### La forêt naturelle productrice de bois d'œuvre

La forêt naturelle est une futaie irrégulière où des arbres d'âges et de vitesse de croissance différents évoluent ensemble. Le peuplement ne peut donc être caractérisé par son âge. Il n'a ni début ni fin à l'échelle humaine du temps : il est supposé pérenne ou durable si on le gère correctement (Pancel and Köhl 2016). Le mode de gestion couramment utilisé – en dehors des essais d'enrichissement rapidement abandonnés à tort – est l'exploitation raisonnée de la forêt, ce qui suppose que son intégrité est conservée par les gestionnaires et qu'elle dispose d'un plan d'aménagement intégrant la biologie des différentes espèces, base sur laquelle on détermine la possibilité en volume. La possibilité en volume permet d'estimer le volume de bois récoltable à chaque passage sans compromettre l'accroissement de la forêt dans son ensemble ou celui des essences que l'on souhaite favoriser.

L'exploitation est périodique, normalement on revient sur la même parcelle tous les 20 ans ou plus, c'est la durée de la rotation qui est établie en fonction des essences composant le peuplement (pionnières ou non) et la fertilité du milieu (sol, climat). A chaque passage, sont prélevés un certain nombre de tiges, c'est ce que l'on appelle l'exploitation sélective (Sasaki et al. 2016). Celles-ci doivent remplir les critères d'exploitabilité retenus (généralement un diamètre minimum d'exploitabilité par essence ou DME). Le DME tient compte d'une part des qualités technologiques du bois, mais aussi de la reconstitution du volume exploité avant le passage suivant en exploitation (Groenendijk, Bongers, and Zuidema 2017). En effet, une rotation trop courte et une exploitation trop élevée entraînent l'épuisement des ressources et une diminution du capital bois sur pied alors qu'une rotation trop longue et une exploitation insuffisante réduisent l'approvisionnement en bois du marché mais augmentent le capital bois sur pied de la forêt, ce qui permet par exemple d'enrichir progressivement une forêt qui aurait été surexploitée. Le rôle du gestionnaire est donc de trouver le juste équilibre pour une exploitation durable. Le problème spécifique du DME sera abordé un peu plus loin, car c'est probablement lui – faute de meilleur indicateur – qui va garantir la pérennité de la forêt et de son exploitation. Or le DME varie selon les espèces, ce qui ne simplifie pas les choses.

Il est évident que l'exploitation de quelques arbres à l'hectare – vu leur taille – peut causer des dégâts aux régénérations et arbres d'avenir. Il faut donc avoir recours à des méthodes d'exploitation « à faible impact » pour préserver au mieux l'avenir de la forêt (Pereira et al. 2002).

### La forêt naturelle source de multiples produits et services

La « durabilité » de la gestion forestière va de pair avec le maintien et l'amélioration des conditions environnementales, ainsi qu'avec l'amélioration des conditions sociales des populations qui vivent au voisinage de la forêt ou qui y travaillent (Chazdon et al. 2009).

Quand on parle de ressources forestières, on voit surtout le côté production de bois d'œuvre, de service et de feux ainsi que les produits forestiers non ligneux, principalement alimentaires et de pharmacopée indispensable aux populations, qui sont sources de revenus et d'emplois (formels et informels) faisant vivre de nombreuses familles. On pense aussi à l'importante source de ressources génétiques, tant végétales qu'animales, que contiennent ces forêts. On pense enfin aux rôles de la forêt dans le cycle du carbone (Phillips et al. 1998), son impact sur le climat global et celui de l'eau (Sheil 2018), qui sont « déstabilisés » lors de la dégradation des forêts et surtout avec leur transformation en terres agricoles.

Mais on oublie souvent l'impact des arbres et des forêts sur le microclimat (Staal et al. 2018). L'évapotranspiration des arbres fait baisser la température de l'air et augmenter son humidité, ce qui a un impact positif sur les productions agricoles, notamment dans les zones plus sèches. Les forêts influent, de manière plus globale sur le cycle de l'eau ; d'abord en favorisant son infiltration dans le sol puis, en la renvoyant dans l'atmosphère par évapotranspiration (Wagner et al. 2011), elle permet d'améliorer la pluviométrie dans des zones ou régions plus ou moins proches. En cela elles contribuent à modérer les climats et participent ainsi au maintien des productions agricoles (Ellison et al. 2017).

La FAO, dans la « Situation des forêts du monde 2016 », va dans le même sens :

*« Pour répondre à la demande mondiale croissante d'aliments et autres produits issus des terres, on aura besoin de paysages à forte productivité qui soient gérés de façon durable. Les forêts jouent un rôle essentiel dans le cycle de l'eau, la conservation des sols, le piégeage du carbone et la protection des habitats, y compris ceux des pollinisateurs. Leur gestion durable est cruciale pour l'agriculture durable et la sécurité alimentaire. »*

L'IPBES note que « les bénéfices liés à la création d'emplois et à la production d'autres avantages obtenus de terres restaurées dépassent de loin les dépenses qui ont été faites pour leur restauration. En moyenne, les avantages de la restauration sont 10 fois plus élevés que les coûts (estimés dans neuf biomes différents). Pour des régions comme l'Asie et l'Afrique, le coût de l'inaction face à la dégradation des terres est d'au moins trois fois plus élevé que le coût de l'action. »

### La question des diamètres minimums d'exploitation

Le diamètre minimum d'exploitation ou DME, est le seuil légal à partir duquel un arbre peut être abattu. Ils varient d'un pays à l'autre. Par exemple, en Côte d'Ivoire, où les *Entandrophragma* ont été surexploités depuis les années 1960, il avait été fixé à 80 cm puis révisé à 60 cm en 2006, le niveau le plus bas des pays d'Afrique. A l'opposé, le Ghana l'a fixé à 110 cm pour toutes les espèces d'*Entandrophragma*. Le Ghana, le Cameroun et le Libéria ont augmenté le DME du sapelli (respectivement à 110 cm, 100 cm et 90 cm) dans le but d'améliorer le taux de reconstitution de la ressource.

Il est intéressant de savoir pourquoi les DME ont été augmentés dans certains pays. Pour faire ce choix, les forestiers se sont d'abord basés sur les diamètres de fructification des espèces (Mbarga, Jonkers, and Essama 1999; Pierre et al. 2017):

- Le premier est le diamètre minimum à partir duquel on a pu observer des fructifications conséquentes (plus que quelques fruits par arbres et avec des graines fertiles): le DMF
- Le second est le diamètre de fructification régulière ou DFR qui est le seuil à partir duquel on assiste à une fructification abondante et régulière chez 80% des arbres de l'espèce concernée (compte tenu des variations interannuelles où les fructifications abondantes ne surviennent que tous les deux ou trois ans).

Ces deux diamètres sont des paramètres importants à prendre en compte pour garantir une régénération suffisante sur le long terme des espèces exploitées. Si le DME est situé au-dessus du DMF mais en dessous du DFR, on court le risque de ne pas avoir un ensemencement naturel suffisant pour garantir une régénération naturelle des espèces. En effet, d'une part, les premières fructifications présentent un pourcentage plus élevé de graines vaines (stériles) que des arbres plus mûrs, et, d'autre part, par exemple, la majorité des graines d'Acajous et d'*Entandrophragma* sont déjà parasitées par des insectes dans le fruit avant leur chute. En outre, il est un facteur à ne pas négliger, c'est le statut social de l'arbre : un arbre dominant dont le houppier est au sommet de la canopée fructifiera plus abondamment qu'un arbre dont le houppier n'a pas encore atteint la canopée, et cela quel que soit son diamètre à la base. L'éclaircissement des houppiers est donc probablement la cause des différences constatées dans les valeurs rapportées pour les DMF et DMR entre les auteurs, les tailles les plus petites correspondant à des arbres isolés ou en lisière,



les DFR aux arbres au sein de forêts denses. Les arbres en plantations monospécifiques, mieux éclairés, fructifient généralement beaucoup plus tôt que ceux en forêts naturelles. Ainsi, pour éviter une trop forte diminution du nombre de semenciers potentiels après le passage de l'exploitation, il est indispensable que les DME soient nettement supérieurs aux diamètres de fructification régulière ; pour ainsi assurer la régénération des essences exploitées.

Puisque la récolte future est fonction des effectifs des classes de diamètre inférieures aux DME, de l'accroissement, des dégâts d'exploitation et de la mortalité, il s'est avéré important, pour plusieurs pays, de revoir la réglementation sur les DME en officialisant l'augmentation des DME pour un nombre important d'espèces (voir Tableau 1 ci-dessous). Le mode de calcul du DME qui a alors été utilisé pour ces révisions successives est présenté en Annexe 3.

A durée de rotation égale, une simple augmentation du DME oblige à conserver sur pied des arbres plus gros, ce qui permet d'augmenter la production ligneuse exploitable de la forêt. Le Tableau 2 ainsi que la Figure 1 montrent que ce sont les arbres les plus gros qui produisent le plus de volume annuellement. Il en résulte que diminuer le DME diminue mécaniquement la production annuelle de bois d'œuvre de la forêt, en quantité et en qualité.

**Tableau 1 : Diamètres minimums et réguliers de fructification de différentes essences et les diamètres minimums d'exploitation appliqués dans quelques pays**

Espèces	DMF	DFR	DME	Pays*
Agba : <i>Prioria balsamifera</i>	34	75	80	Gabon
Aiélé : <i>Canarium sweinfurthii</i>	41		60	Côte d'Ivoire**
			80	Gabon
Aniégré : <i>Aningeria altissima</i>		50	50 (45)	Côte d'Ivoire
			70	RCA
			60	Ouganda
Azobé : <i>Lophira alata</i>	34	35-45	80 (60)	Gabon
			70	RCA
Bété : <i>Mansonia altissima</i>	19	40	60 (50)	Côte d'Ivoire
			40	RCA
Iroko : <i>Milicia</i> sp	25		70 (60)	Côte d'Ivoire, RCA
Kosipo : <i>Entandrophragma candolei</i>	40	85	80 (60)	Côte d'Ivoire
			70	Ouganda
			80	Congo, Cameroun, Gabon, RDC
			90	Libéria
			110	Ghana
Ovengkol : <i>Guibourtia ehie</i>	11	45	70	Gabon
<i>Pericopsis eleta</i>	32	35	60	Cameroun
Sapelli : <i>Entandrophragma cylindricum</i>	35-65	55-85	80 (60)	Côte d'Ivoire
			80	Congo, RCA, Ouganda, RDC
			90	Libéria
			100	Cameroun
			110	Ghana
Sipo : <i>Entandrophragma utile</i>		85	80 (60)	Côte d'Ivoire
			80	Congo, RCA, RDC
			90	Gabon, Libéria
			100	Cameroun
			110	Ghana
Tali : <i>Erythrophleum suaveolens</i>	30-35	40	80	RCA
			60	Côte d'Ivoire, Cameroun
Tiama : <i>Entandrophragma angolense</i>	50-55	85	60	Côte d'Ivoire
			80	Cameroun, Congo, Gabon, RCA, Ouganda, RDC
			90	Libéria
			110	Ghana
Samba : <i>Triplochiton scleroxylon</i>	38	90	70 (60)	Côte d'Ivoire
			50	RCA, Cameroun
Wengué : <i>Millettia laurentii</i>	20	40-50	60	RDC, Gabon, Congo

La Figure 1 et le Tableau 2 montrent que si on conserve un arbre de plus gros diamètre, il produira plus de bois qu'un arbre de plus petit diamètre, et ceci même si les accroissements annuels en diamètre diminuent. Or, comme le rendement à la transformation (sciage, déroulage, tranchage) augmente avec le diamètre des grumes (Tableau 3 et Figure 2), le volume de bois produit par les gros arbres est essentiellement du bois d'œuvre alors que les petits arbres produisent essentiellement des dosses et des délignures. Ceci est d'autant plus vrai chez les arbres présentant un aubier bien différencié et épais, lequel a tendance à diminuer d'épaisseur avec l'âge des arbres. En conséquence il est plus intéressant, à volume cumulé identique, pour l'industriel et pour le rendement matière d'exploiter des arbres de gros diamètre que des petits.

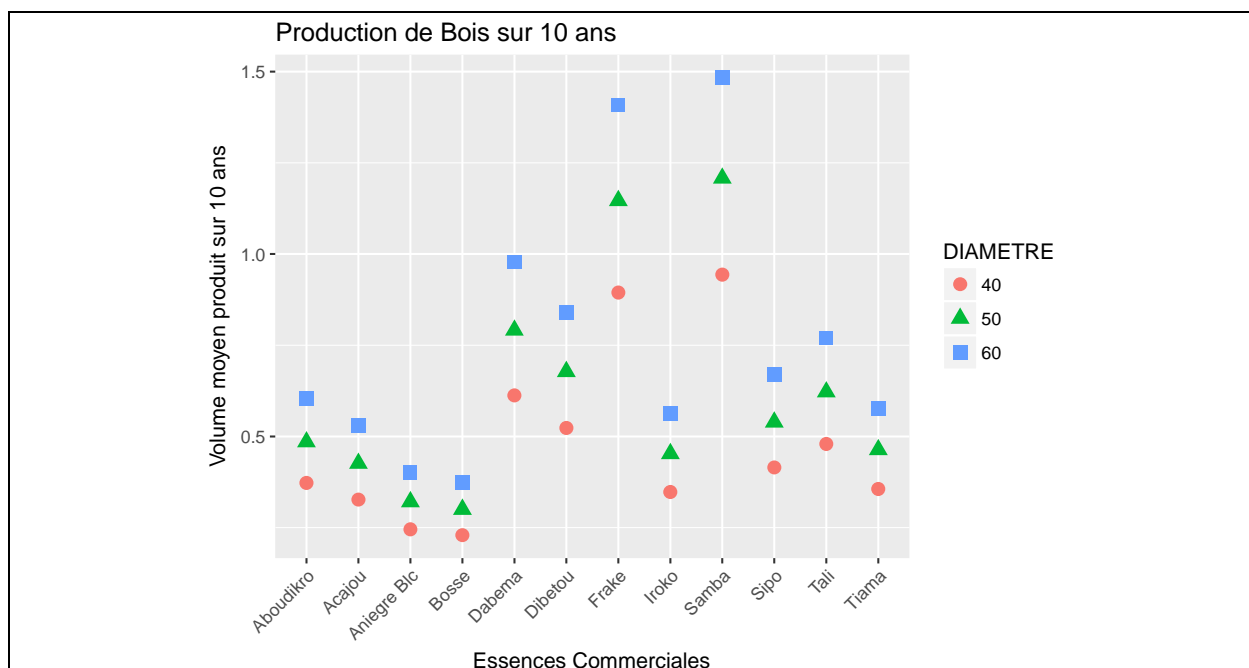


Figure 1. Modélisation de la production de bois (en m³) sur 10 ans pour quelques essences commerciales de Côte d'Ivoire, en considérant (i) les croissances moyennes issues des données du dispositif de Mopri et (ii) les tarifs de cubage du projet OIBT sur la régionalisation des tarifs de cubage. Trois diamètres (40, 50 et 60cm) sont considérés.

**Tableau 2 : Simulation de l'accroissement en volume de grumes de diamètres différents sur la base d'un tarif de cubage simple mais utilisé au Gabon :  $V = 10 D^2$ .**

Diamètre initial (cm)	40	50	60	80	100	120	140
Volume initial (m³)	1,6		3,6	6,4	10,0	14,4	19,6
Accroissement annuel en diamètre (mm/an)	10	10	10	10	10	10	10
Accroissement en volume (dm³/an)	81	101	121	161	201	241	281
Accroissement annuel en diamètre(mm/an)	10	10	9	8	7	6	5
Accroissement en volume (dm³/an)	81	101	109	129	140	144	140

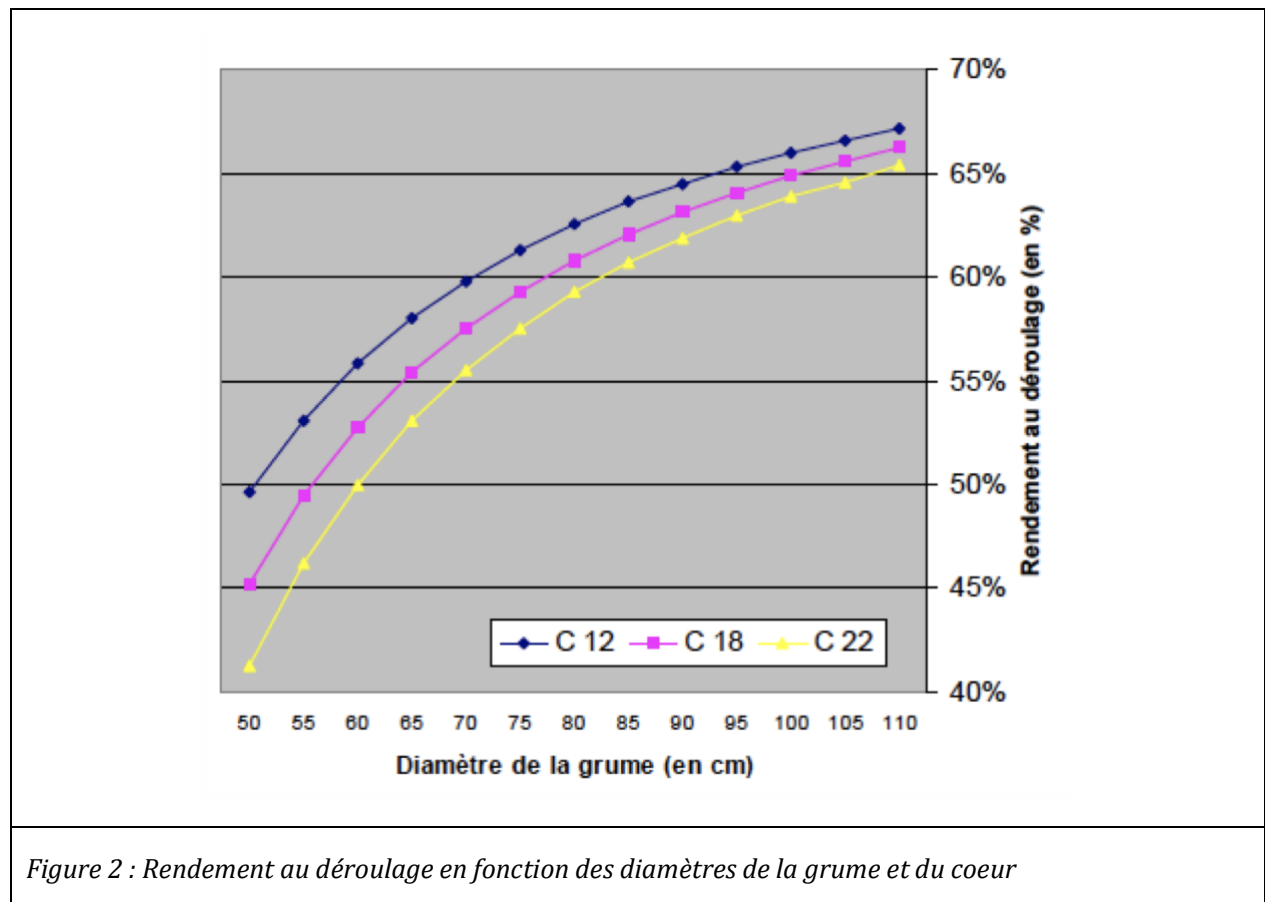
La difficulté, dans le cas présent, est une connaissance insuffisante de la dynamique des différentes essences et notamment de leur vitesse de croissance en diamètre, laquelle peut varier fortement en fonction de l'éclairement des houppiers, de la fertilité des sols et de la climatologie. De plus, on ne connaît pas l'effet qu'a - ou va avoir - la modification locale du climat engendrée par la disparition de la majeure partie du couvert forestier ivoirien sur la croissance des arbres. La réduction de la pluviométrie observée dans le sud ivoirien depuis plusieurs décennies peut avoir des impacts tels que le remplacement progressif des espèces de forêts denses par des essences de forêts semi-décidues ou de forêts sèches ainsi qu'un ralentissement de la croissance des arbres en place (Wagner et al. 2014).

Les seules données dont on dispose sont celles de Mopri (Durrieu De Madron et al. 1998), Irobo (Durrieu de Madron et al. 1998) et Téné (Bertault et al. 1998) en forêts naturelles, ainsi que les croissances dans les

jeunes âges d'espèces autochtones installées dans des plantations expérimentales. Or ces dispositifs n'ont pas été mesurés depuis une bonne vingtaine d'années. Nous ne disposons donc pas de données actualisées sur une période suffisamment longue et récente qui nous auraient permis faire des prévisions consolidées sur la base de données scientifiques solides.

**Tableau 3 : Taux de transformation par déroulage d'une grume (valorisation du seul bois de cœur) en fonction du diamètre à 1,30 m et de l'épaisseur de l'aubier pour un cylindre central non déroulé de 12 cm de diamètre.**

Diamètre initial sous écorce (cm)	40	50	60	80	100	120	140
Epaisseur aubier (cm)	0	0	0	0	0	0	0
Volume bois de cœur d'un billon cylindrique de 1 m (dm3)	126	196	283	503	785	1131	1539
Taux de transformation (%)	45%	49%	56%	62%	66%	68%	69%
Epaisseur aubier	5	5	5	5	5	5	5
Volume bois de cœur d'un billon cylindrique de 1 m	71	126	196	385	636	950	1327
Taux de transformation (%)	37%	45%	49%	60%	64%	67%	68%
Epaisseur aubier	5	5	4,5	4,5	4	3,5	3
Volume bois de cœur d'un billon cylindrique de 1 m	71	126	206	396	665	1003	1410
Taux de transformation (%)	37%	45%	50%	60%	65%	67%	68%



## 5. Analyse des nouvelles règles de Sylviculture

Les « règles de sylviculture et d'exploitation du bois en zone de forêt dense » visent à répondre à la question de savoir, quels sont les cas de figure où une exploitation forestière peut être envisagée en forêt naturelle ? L'analyse des Règles de juin 2017 faite ci-dessous a pour but d'attirer l'attention sur certains points du document et sur l'opportunité ou non de certaines mesures sylvicoles.

A l'instar des RSE 1993, les RSE 2017 reprennent le concept d'inventaire diagnostic en le rendant obligatoire avant toute exploitation. Elles baissent le taux de cet inventaire 6,25% contre 10,0% dans les RSE 1993. Si cet inventaire montre que la forêt est exploitable (voir Tableau 4 ci-dessous), l'inventaire d'exploitation est réalisé.

**Tableau 4 : Critères d'exploitabilité des peuplements de forêt sempervirente**

Nomenclature	Régénération acquise	Peuplement d'avenir	Peuplement exploitable		Essences secondaires	Typologie du peuplement	
Diamètres (cm)	5 à 20	20 à 50	≥ 50		≥ 30		
Espèces	P1 + P2 + P3		P1	P2+P3	S		
Seuils de richesse (nombre de tiges avant exploitation)	≥ 150	≥ 40	≥10		≥ 10		
			≥ 4	≥6			
Le seuil est-il atteint ?	Oui	Oui	Oui		Oui	A	Riche en équilibre
	Oui	Non	Oui		Oui	B	Déficit en tiges d'avenir
	Non	Oui	Oui		Oui	C	Déficit de régénération
	Non	Non	Oui		Oui	D	Riche en gros bois sans régénération ni peuplement d'avenir

Pendant l'inventaire diagnostic, le comptage des arbres doit se faire par plateau de 0,5 ha (200 m x 25 m) avec un sous-placeau de 0,1 ha (100 m x 10 m) pour la régénération – ensemble des arbres P dont le diamètre est compris entre 5 à 20 cm. La notion de richesse qui est évoquée dans les RSE diffère de celle qui est généralement admise en écologie fondamentale (biodiversité spécifique). Dans les RSE, la richesse indique le nombre d'arbres d'une catégorie donnée (abondance spécifique). Les RSE 2017 indiquent que le seuil minimum de richesse est de 4 P1 + 6 P2+P3 (Tableau 5). Simultanément, le nombre minimum d'arbres exploitables à l'hectare est de 2 avec un maximum de 5. On peut en conclure que l'exploitation ne peut être déclenchée qu'à partir de 12 arbres de D ≥ 50 cm. Ensuite, si les données sur la régénération ne sont pas disponibles, on considère que le seuil de régénération acquise n'est pas atteint et le seuil passe à 5 + 7 arbres soit 12 arbres. Ces 10 ou 12 arbres sont à conserver après exploitation.

D'après le document, les quatre types de peuplement forestier (A, B, C et D) peuvent être mis en exploitation alors qu'au moins les types B et D ne présentent pas de peuplement d'avenir garantissant la pérennité du peuplement. Ils ne devraient pas être exploitables dans l'immédiat. En effet, plusieurs traitements sylvicoles sont présentés dans le tableau 3 du document présentant les Règles. Ceux-ci ne garantissent pas la reconstitution (en nombre d'individus par hectare) des peuplements de type B et D après exploitation, faute de peuplement d'avenir. Ceux-ci ne seront donc pas exploitables lors de la seconde rotation sauf s'ils étaient particulièrement riches en arbres de 50 cm et plus (dont le nombre exploitable est limité à 5 arbres/ha) au moment du premier passage en exploitation. Dans ce cas, il serait éventuellement possible d'exploiter le reliquat des arbres de plus de 50 cm complétés par des arbres passés du peuplement d'avenir au peuplement exploitable.

Les 4 (A et B) ou 5 (C et D) arbres P1 et les 6 ou 7 P2+P3 à conserver après exploitation sont les semenciers – arbres de grande valeur – qui garantiront l’avenir du peuplement. Sont de toute façon à conserver impérativement les arbres présents à une densité de moins de 0,1 arbre/ha. L’exploitation autorisée des peuplements riches est limitée à 5 arbres par hectare.

### Répartition des semenciers à conserver

La règle ne parle que des espèces P1 et ignore les espèces P2, P3 et secondaires qui correspondent aux 6 arbres P2+P3 qui sont nécessaires au déclenchement de l’exploitation. Ainsi, si l’on conserve 10 semenciers par hectare, l’écartement moyen entre les arbres sera de 32 m si leur disposition est régulière et de 29 m si l’on en conserve 12 et non de 40 à 50 m comme indiqué dans le texte (paragraphe 3.2.2.). De toute façon, compte-tenu du mode de dispersion des graines et du fait que certaines espèces dépendent du type de sol (ou du milieu), une répartition régulière des semenciers n’est pas indispensable. Il est préférable d’augmenter la diversité des espèces (Sosef et al. 2017), même si leur répartition n’est pas homogène.

### Seuils de conservation des semenciers

Il y a un point qui ne semble pas suffisamment précisé dans les règles : le seuil de déclenchement de l’exploitation est de 4 P1 + 6 P2/P3 (Tableau 5). Or pour la conservation des semenciers, les règles prévoient seulement de conserver les 4 P1. Qu’en est-il des 6 P2/P3 ? Sont-ils également à conserver ou peut-on les exploiter dans la limite du maximum de 5 arbres par hectare ? Ce flou mériterait d’être précisé. Dans tous les cas, il n’est pas fait de différence entre les essences alors que certaines essences sont considérées comme menacées en Côte d’Ivoire. La seule contrainte est de respecter les DME fixés en 2006 (Les DME fixés par l’Administration forestière correspondent aux diamètres à mi-longueur des grumes ; le diamètre de référence à 1,30m est donc ce DME majoré de 10 cm). Suite aux résultats des inventaires d’exploitation, l’aménagiste peut être amené à définir un diamètre minimum d’aménagement (DMA), lequel doit être supérieur au DME.

**Tableau 5 : Seuils de semenciers à conserver sur pied 0 après exploitation.**

Seuil de richesse à atteindre pour exploiter les arbres de Ø ≥ 50 cm	Forêt sempervirente			Forêt semi-décidue		
	P1	P2+P3	P1+P2+P3	P1	P2+P3	P1+P2+P3
Régénération non acquise	5 (4)	7 (6)	12 (10)	12 (10)	8 (7)	20 (16)
Régénération acquise	4 (3)	6 (5)	10 (8)	8 (7)	5 (4)	13 (11)

Dans une forêt dense, l’ouverture de la canopée due à l’exploitation peut être favorable aux espèces ombrophiles en attente dans le sous-bois ou aux espèces pionnières qui se régénèrent particulièrement bien dans les trouées (Denslow 1987). Il ne faut donc pas craindre des trouées qui seraient provoquées par deux ou trois arbres voisins à condition que des techniques d’exploitation à faible impact soient utilisées (déliantage deux ans avant exploitation, limitation des pistes d’accès aux arbres, abattage orienté en fonction des essences d’avenir en place, etc.). Cette remarque ne concerne pas les forêts appauvries telles que celles de Yaya et de Cavally dans lesquels la canopée semble déjà très ouverte.

### Surface terrière à conserver après exploitation

Il ne faut pas, d’après les règles, descendre sous 17,5 m<sup>2</sup>/ha en forêt sempervirente, au risque de réduire la productivité. A supposer que les arbres soient régulièrement répartis dans toutes les classes de diamètre, 150 régénérations acquises plus 40 arbres d’avenir à l’hectare représentent une surface terrière

de l'ordre de 6 m<sup>2</sup>/ha (maximum 8 m<sup>2</sup>/ha). Les 12,4 arbres par hectare de plus de 50 cm de diamètre de la forêt de Yaya représentent au maximum une surface derrière de 6,7m<sup>2</sup>/ha. Soit au total, une surface derrière de 13 m<sup>2</sup>/ha environ, ce qui est largement en dessous de ce qui est énoncé dans les règles. Si l'on doit respecter une surface minimum de 17,5 m<sup>2</sup>/ha après exploitation, cela est impossible puisque la surface terrière est déjà inférieure à ce critère avant l'exploitation. En conséquence, la forêt de Yaya par exemple deviendrait inexploitable, même si les autres critères de seuil sont remplis (voir plus loin).

Les RSE 1993 suggèrent de considérer le nombre d'arbre de plus de 50 cm de diamètre ( $\varnothing \geq 50$  cm) comme un bon indicateur du potentiel semencier des forêts naturelles. Pour ce faire, nous traduisons dans le Tableau 5, les seuils "d'effectif" sous la forme de "surface terrière". Seul le surplus, au-delà des seuils sus-indiqués, pourra être exploité. L'exploitation aura lieu si et seulement s'il y a au minimum 2 arbres/ha à prélever ; et on ne pourra extraire que 5 arbres/ha lors d'un même passage en exploitation. Toute espèce d'arbre dont la densité est  $\leq 0,1$  tige/ha ou 1 tiges/10 ha est automatiquement interdite d'exploitation.

**Tableau 6 – Conversion de surface terrière en m<sup>2</sup>/ha en (Nombre d'arbres)**

Seuil de surface terrière pour une exploitation durable : $\varnothing \geq 50$ cm	Forêt sempervirente		Forêt semi-décidue	
	P1	P1+P2+P3	P1	P1+P2+P3
Régénération non acquise	3 (3,8)	6 (7,6)	6 (7,6)	9 (11,4)
Régénération acquise	2 (2,5)		4 (5,1)	

#### Ratios P1/P pour la régénération en forêts exploitées

Les observations de terrain ont permis d'établir les ratios suivants entre les effectifs P1 et P pour la régénération des espèces principales dans les forêts exploitées.

- Forêt sempervirente : les valeurs constatées de P1/P sont généralement comprises entre 30 et 45%.
- Forêt semi-décidue : les valeurs constatées de P1/P sont généralement comprises entre 30 et 60%.

**Tableau 7 – Nouveaux ratios P1/P proposés, mise en regard des observations terrain.**

Seuil de richesse à atteindre pour exploiter les arbres de $\varnothing \geq 50$ cm	Forêt sempervirente P1/P = 37,5 %			Forêt semi-décidue P1/P = 45 %		
	P1	P2+P3	P1+P2+P3	P1	P2+P3	P1+P2+P3
Régénération non acquise	5	<b>8 (7)</b>	<b>13 (12)</b>	12	<b>15 (8)</b>	<b>27 (20)</b>
Régénération acquise	4	<b>7 (6)</b>	<b>11 (10)</b>	8	<b>10 (5)</b>	<b>18 (13)</b>

NB : Les seuils proposés par les RSE 2017 figurent en entre parenthèses (en bleu) tandis que ceux déduits des ratios P1/P sont marqués en **caractères gras et soulignés**.

En faisant l'hypothèse que ces différents ratios restent constants quelques soit la catégorie d'arbres, on en déduit des seuils de richesse pour les arbres exploitables en fin de rotation. Ces seuils simulés figurent dans le tableau ci-dessous. On considère la valeur centrale de chaque intervalle, soit 37,5% pour 30-45% (forêt sempervirente) et 45% pour 30-60% (forêt semi-décidue). Le Tableau 7 montre que les seuils

proposés dans les RSE 2017 sont tous inférieurs aux seuils calculés sur la base des ratios P1/P fournis dans les RSE 1993.

### Durée de la rotation

Celle-ci est fixée à priori à 25 en forêt sempervirente et à 20 ans en forêt semi-décidue. Cependant, pour les peuplements non exploitables, il est possible de déterminer la durée approximative au bout de laquelle l'exploitation deviendrait possible si l'inventaire diagnostic est suffisamment précis.

### État de la régénération

Les RSE de 1993 distinguent le cas où la régénération est "acquise" ou de celui où la régénération est "non acquise". Cette même distinction est reprise dans les RSE 2017. La régénération est acquise quand le nombre d'arbres de 5-20 cm de diamètre dépasse 150 en forêt sempervirente, ou 250 en forêt semi-décidue. Dans le cas contraire, elle est considérée comme non acquise.

Les RSE 1993 précisent que la régénération acquise et le peuplement exploitable doivent être suffisants. Pour ce faire, des seuils minimums permettant l'exploitation ont été définis. Toutefois, il serait judicieux de toujours considérer, par défaut, que la régénération est non acquise quand les inventaires de régénération n'ont pas été effectués.

### Accroissements, rotations et productivité

En zone sempervirente riche, les accroissements sont relativement faibles (Tableau 8) et confirmés par nos simulations (voir plus loin). Dans ces conditions d'accroissement faible, il serait souhaitable de réaliser des plantations d'enrichissement au moins dans les zones où la régénération acquise et les peuplements d'avenir présentent des densités, et des surfaces terrières insuffisantes, ce qui est le cas des deux forêts dont les inventaires nous ont été transmis.

**Tableau 8 : Accroissement, rotation et possibilité**

Type de peuplement	Accroissement des P1 de D > 50 cm	Rotation	Volume maximum sur pied P1 reconstitué à l'issue d'une rotation
Sempervirente riche	0.2 à 0.4 m <sup>3</sup> /ha/an	25 ans	5 à 10 m <sup>3</sup> /ha soit 1 à 2 arbres par ha
Semi-décidue riche	0.8 à 1 m <sup>3</sup> /ha/an	20 ans	16 à 20 m <sup>3</sup> /ha soit 3 à 4 arbres par ha

En zone décidue, ces accroissements se basent sur des données acquises dans des conditions climatiques extrêmement différentes de celles d'aujourd'hui. L'inventaire en cours du dispositif de Téné suggère, d'après les résultats préliminaires (non présentés), que ces accroissements sont très surestimés et que la productivité des peuplements semi-décidus riches a fortement diminué ces dernières décennies, en lien avec les modifications climatiques locales et les fréquences accrues de feux.

### Essences et zones à protéger

Le document fait le point sur le sujet en recommandant de protéger les espèces menacées (listées dans l'annexe 2) et les sites sensibles que sont les berges, les zones humides, les pentes menacées d'érosion (> 30%) et les zones à forte valeur de conservation. Ces considérations sont à respecter dans les aménagements.



## Les éclaircies

Vu l'état des peuplements, le problème des éclaircies ne devrait plus se poser en ces termes en Côte d'Ivoire. L'utilisation des éclaircies par dévitalisation, pour augmenter la productivité des arbres résiduels autour des trouées créées par les arbres morts (Herault et al. 2010) a été envisagée à un moment où la forêt ivoirienne était encore riche et dense. Afin d'accélérer la croissance des essences de valeur il avait été envisagé d'éliminer les essences dites secondaires. L'utilisation de produits toxiques, pouvant entrer dans l'environnement, est une chose qui, actuellement, n'est plus acceptable. Ce point a bien été noté dans le document qui conseille une dévitalisation par écorçage. Cependant, en dehors des parcs nationaux, les forêts encore peu perturbées sont devenues rares car beaucoup sont déjà passées au moins une fois en exploitation. Le problème des éclaircies ne se pose donc plus, ou même s'il pouvait encore se poser, cela ne concernerait que des surfaces extrêmement réduites.

Aujourd'hui, il est indispensable et plus qu'urgent de protéger au maximum la biodiversité des forêts, donc de conserver un maximum d'espèces différentes. Les règles de sylviculture prévoient d'ailleurs cela en obligeant à protéger intégralement toutes les espèces dont la densité est inférieure à un individu pour 10 hectares. La norme pour le déclenchement des éclaircies est de 40 arbres entre 20 et 50 cm de diamètre avec 10 arbres de plus de 50 cm en forêt sempervirente ou 60 et 12, respectivement, en forêt décidue. Ce sont des densités et des surfaces terrières très faibles qui ne justifient absolument pas d'éclaircir le peuplement.

A titre de comparaison un peuplement avec un diamètre moyen quadratique de 50 cm devrait théoriquement compter une centaine d'arbres pour atteindre une surface terrière de 20 m<sup>2</sup>. En conséquence, le point 5.1 "Eclaircie sélective par dévitalisation" ne semble pas être pertinent actuellement pour la gestion des forêts ivoiriennes.

## Ensemencement / Reboisements de conversion

Les risques d'échec d'un semencement en forêt sont beaucoup plus grands que celui pris en plantant. Les semis sont beaucoup plus fragiles que les jeunes plants élevés en pépinière et il est indispensable de veiller sur eux. En régénération naturelle assistée, il faut notamment dégager régulièrement les jeunes semis – comme on le ferait pour les plants – pour qu'ils ne soient pas étouffés par la végétation adventices (herbacées, chromolaena,...) très abondante et vigoureuses dans les forêts ouvertes. Cette végétation présente aussi un risque en cas de « feu de brousse » nuisible aux arbres de toutes tailles. Les autres risques élevés pour les semis sont les attaques d'insectes et l'abrutissement.

Les plantations de conversion présentent plus de chances de réussite que les semencements. Il faudrait donc les préférer même si elles sont plus chères. Il existe cependant des cas particuliers, e.g. la régénération abondante du *Cedrela* (par levée de dormance) après le feu en forêts semi-décidue riche.

## Autres remarques

- Les essences interdites d'exploitation au niveau national ou dans le Plan d'aménagement de la forêt ne sont pas précisées. Quelles sont ces essences ? On peut supposer que ce sont celles de l'annexe 2 de la Cites et celles figurant sur la liste rouge des espèces menacées de Côte d'Ivoire de l'UICN (Annexe 2)
- Baisse du DME pour certaines espèces contrairement à ce qui se fait dans les autres pays.
- Les essences sous le seuil de 1 arbre pour 10 ha sont systématiquement protégées ; les essences qui n'atteignent pas un seuil de 0,1 tige / ha tous diamètres confondus lors de l'inventaire diagnostic sont systématiquement exclues de l'exploitation. Cependant, le diamètre minimum de précomptage n'est pas précisé : ce sera très différent si on prend en compte les tiges à partir de 5

cm de diamètre ou à partir de 40 cm ou encore de 50 cm. Pour les inventaires est-ce que les classes vont de 45,1 à 55 ou de 50 à 59,9 : cela peut changer toute l'interprétation de l'inventaire.

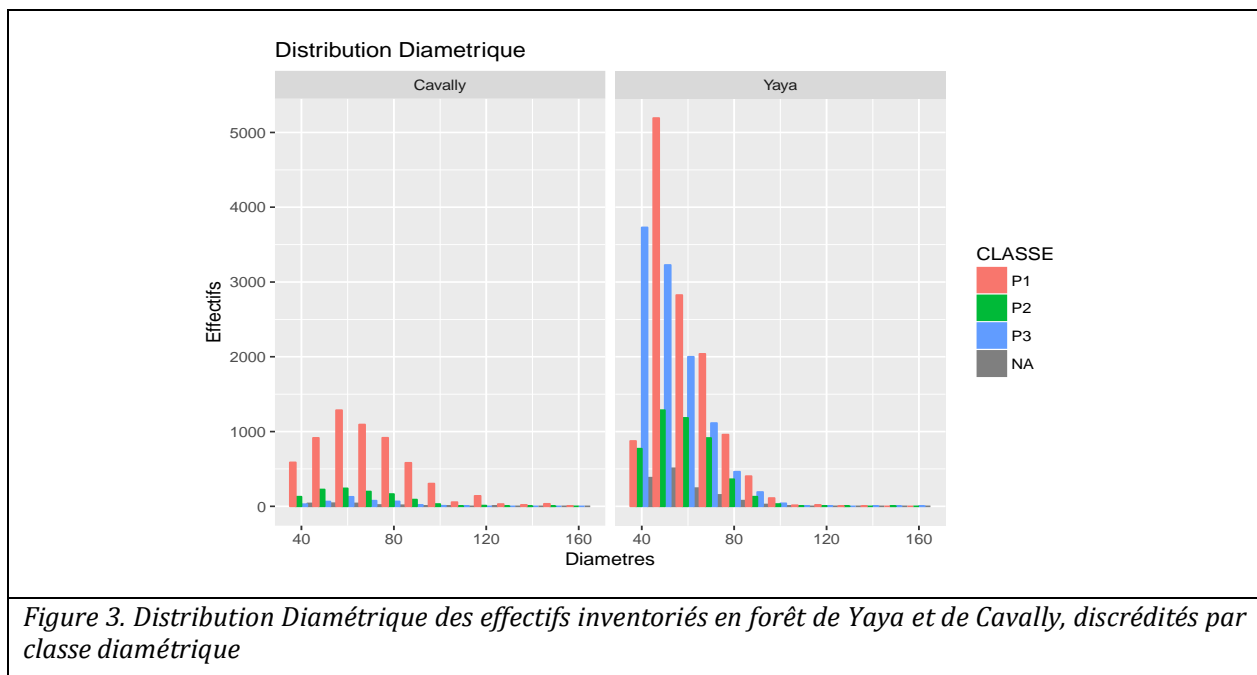
## 6. Cas d'étude : les forêts de Yaya et de Cavally

Ce chapitre s'appuie sur l'analyse de deux jeux de données d'inventaires portés à notre connaissance :

- Bloc 5 de la forêt de Yaya
- Bloc 17 de la forêt de Cavally

L'analyse des jeux de données a pour but de renforcer (ou d'infirmer) les conclusions tirées de l'analyse des « Règles de sylviculture et d'exploitation du bois en zone de forêt dense » de juin 2017

Les essences ont été ventilées par classe commerciale pour les analyses (Figure 3).



Les estimations de volumes sur pied ont été réalisées en utilisant un modèle de type puissance paramétré sur les données issues du projet OIBT, régionalisation des tarifs de cubage (AISA 2007). Le modèle utilisé est le suivant:

- $Vol(i) = e^{(2.32)} \times Diam(i)^{(2.24)}$

Les volumes par hectare par classe commerciale sont ainsi estimés (Tableau 9). Il apparaît que la forêt de Cavally ne comporte quasiment que des volumes de la classe P1 alors que la forêt de Yaya contient également des volumes substantiels de classe P3.

**Tableau 9. Volumes commerciaux (m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>) estimés dans les deux cas d'étude: Yaya et Cavally**

	P1	P2	P3
Cavally	27.96	4.37	1.5
Yaya	18.97	7.06	12.29

Les taux de reconstitution ont été estimés en se basant sur les arbres de DBH>50cm uniquement. Les calculs des taux de reconstitution (en Volumes) ont été calculés à partir des données issues des dispositifs de Mopri (N'Guessan and Kouassi 2005; Durrieu De Madron et al. 1998). Le choix d'utiliser les données issues du dispositif de Mopri est justifié par la situation climatique actuelle de Cavally comme de Yaya et d'une bonne partie de la zone sempervirente de la Côte d'Ivoire qui est beaucoup plus proche de celle de Mopri, à l'installation du dispositif, que de celle d'Irobo (Durrieu de Madron et al. 1998). Le taux de reconstitution (%) annuel en volume intègre le recrutement, la croissance et la mortalité naturelle (Piponiot et al. 2018) et est approximé par un modèle linéaire de la forme

- $taux(t) = 5.4 - 0.048 \times Vol(t)$

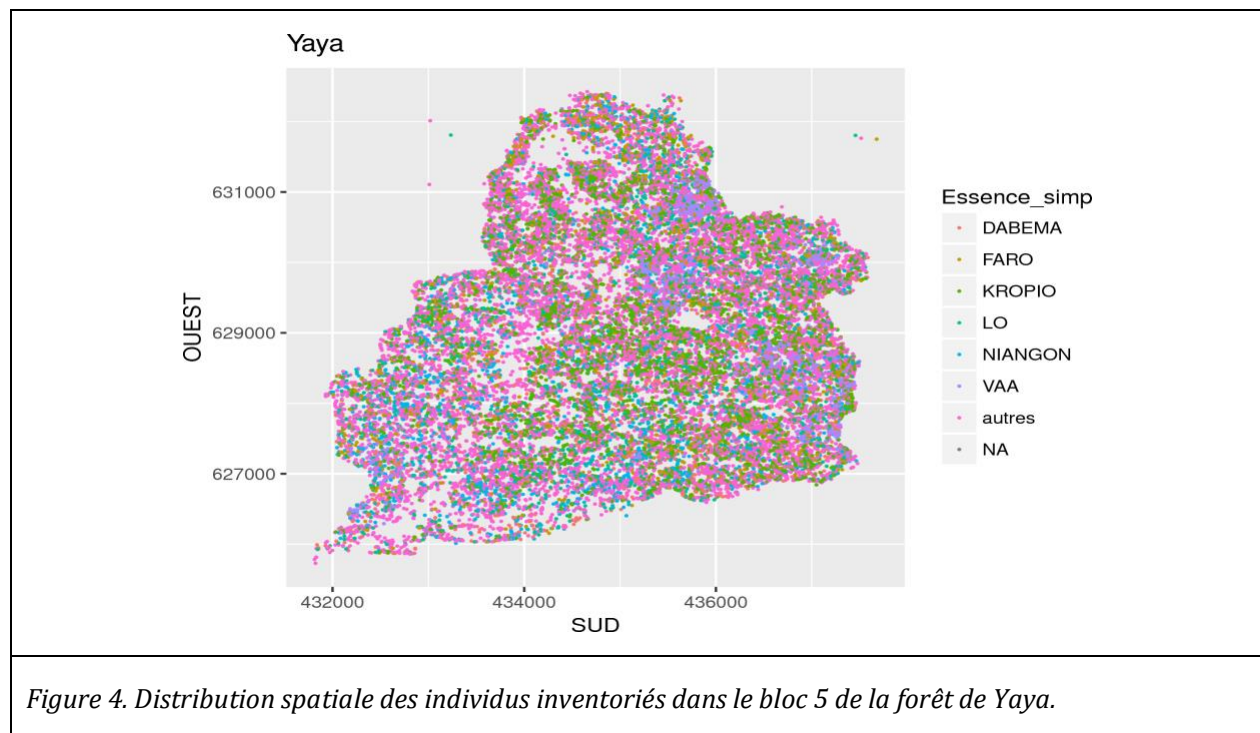
Le volume à l'année t+1 s'obtient en appliquant la formule

- $Vol(t+1) = Vol(t) + taux \times Vol(t)$

La dynamique de reconstitution en volume et le temps de récupération peuvent ainsi être estimés.

### Forêt de Yaya

Le bloc 5 de la forêt de Yaya couvre 2365ha. La Figure 4 montre une répartition spatiale relativement homogène des individus des principales essences commerciales sur le bloc inventorié.



La présence assez abondante de Dabéma qui est une espèce se régénérant bien sous le couvert mais qui a besoin de lumière – donc d'une ouverture dans la canopée – pour croître rapidement (avec des accroissement diamétriques pouvant dépasser 1 cm/an). Le plus grand nombre d'arbres de cette espèce se situe entre 60 et 100 cm, confirmant ainsi qu'il y a eu des perturbations de la forêt sur une période assez courte, perturbations qui ont permis à cette espèce de s'installer.

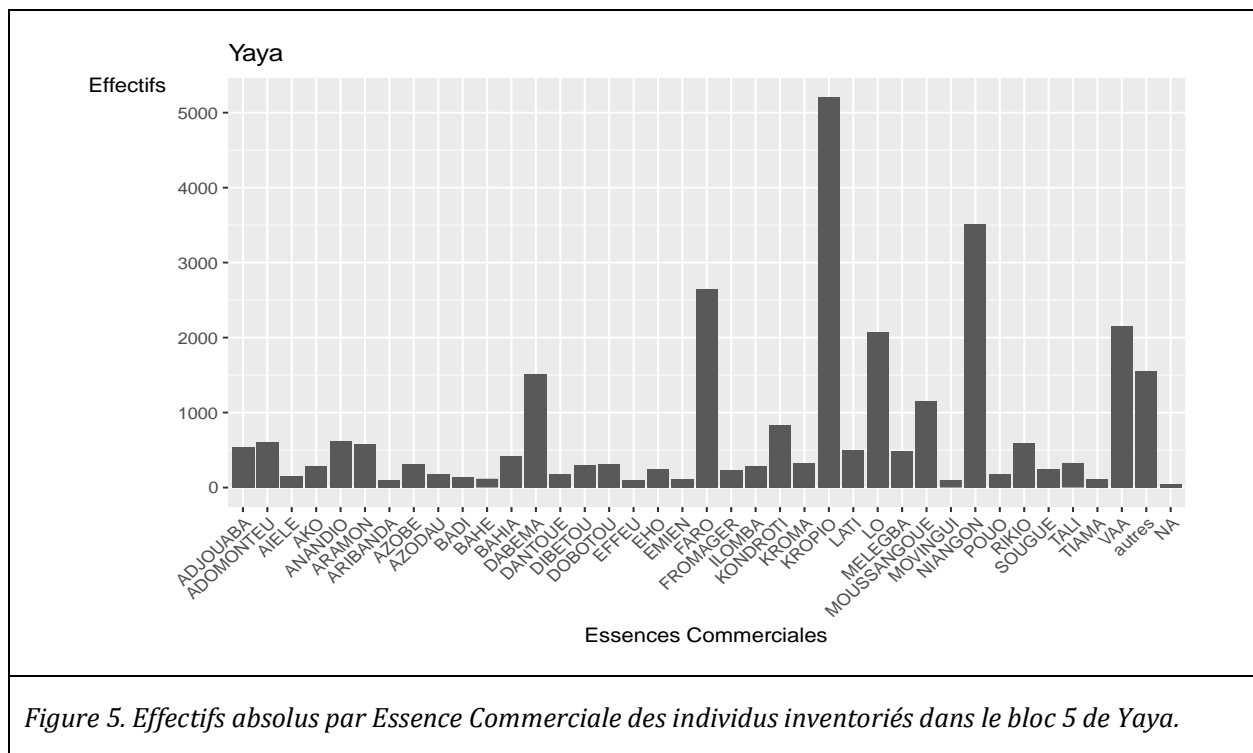


Figure 5. Effectifs absolus par Essence Commerciale des individus inventoriés dans le bloc 5 de Yaya.

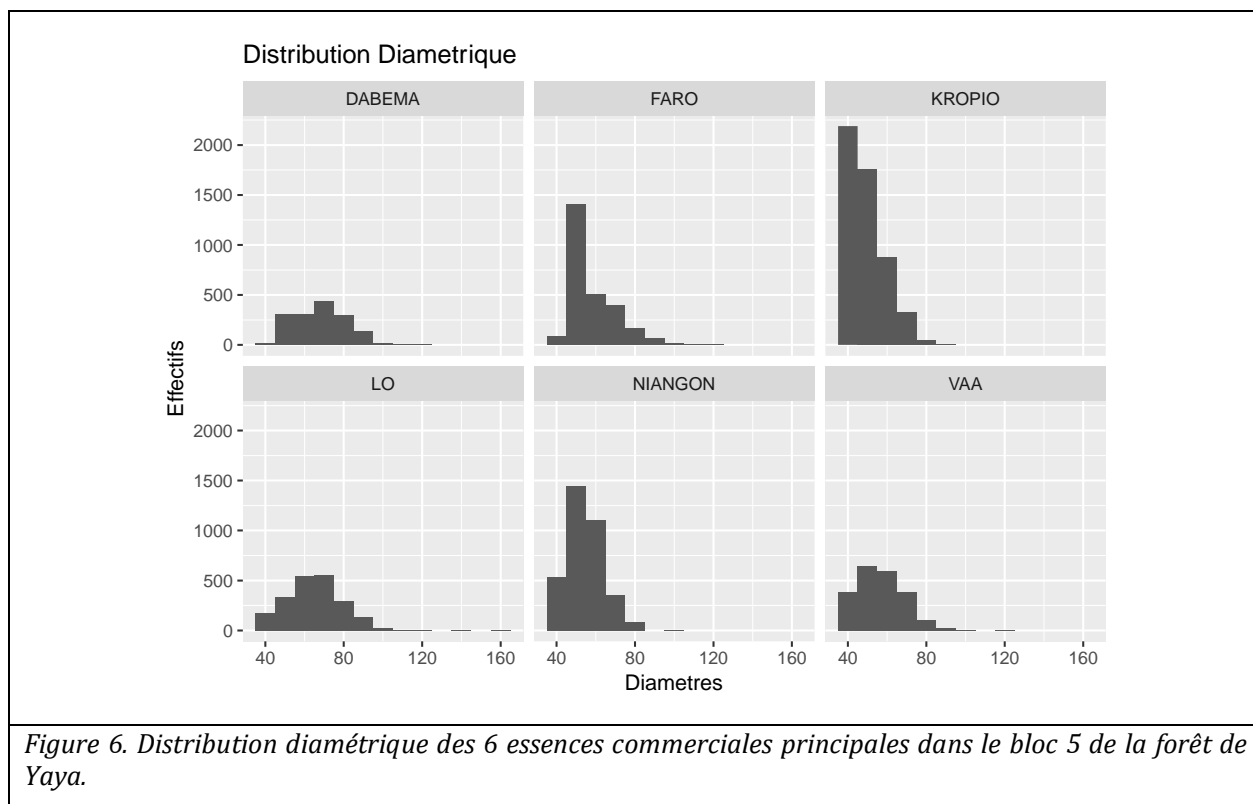


Figure 6. Distribution diamétrique des 6 essences commerciales principales dans le bloc 5 de la forêt de Yaya.

La distribution diamétrique des arbres (Figure 6 et Annexe 4) montre globalement un déficit d'individus dans les classes inférieures à 60 cm et surtout à 50, sauf pour le Kropio.

En ce qui concerne l'application des règles d'exploitation, si on élimine les 3026 arbres de plus de 40 cm de diamètre présentant une densité inférieure à 0,1 arbre par hectare, qui doivent être systématiquement protégés, il ne reste plus que 26 espèces présentes à plus de 0,1 arbre par hectare. Ces 26 espèces totalisent 26353 individus soit, compte tenu de la superficie de la parcelle inventoriée qui est de 2365 ha, 11,43 arbres par hectare en moyenne. Si l'on respecte les normes édictées : exploiter au minimum 2 arbres par hectare (en moyenne) et si l'on doit conserver 10 semenciers par hectare toutes espèces confondues, on se trouve devant la situation suivante :

- avec un diamètre de précomptage de 40 cm, le bloc 5 de la forêt de Yaya compte 29379 arbres soit 12,42 arbres par hectare toutes espèces confondues, ce qui en fait une forêt relativement appauvrie.
- avec un diamètre de précomptage de 50 cm, la forêt ne compte plus que 10 arbres par hectare, ce qui la met au niveau du seuil de déclenchement possible de l'exploitation, mais il manque les 2 arbres exploitables par hectare. La forêt ne serait donc plus exploitable (la règle n'étant pas suffisamment précise sur le nombre de P2/P3 à conserver comme semenciers il reste un doute sur ce point).

Supposons néanmoins que l'on doive conserver 10 semenciers par hectare (de plus de 40 cm), on a au maximum 5729 arbres à exploiter, soit 2,4 arbres par hectare, ce qui respecte la norme avec un diamètre de précomptage de 40 cm.

Sur les 26353 arbres des 26 espèces exploitables, on ne doit en exploiter que 5729. Quel est le diamètre minimum d'exploitabilité, toutes espèces confondues qui permet de respecter ce critère ? Avec un diamètre minimum de 70, il est déjà possible d'exploiter 6117 arbres dans la forêt de Yaya, Avec un diamètre de 75, on n'en a plus que 4264. En conclusion, pour respecter les normes concernant le nombre d'individus à conserver après exploitation, le diamètre minimum d'exploitabilité devrait être de 70 cm.

L'avantage de la fixation du DME à 70 cm pour le bloc 5 de la forêt de Yaya est que, si on suppose une croissance moyenne, toutes espèces confondues, de 0,5 cm par an et une rotation de 20 ans, tous les arbres de 60 à 70 cm seront potentiellement devenus exploitables au second passage, soit 5700 arbres (si on ne compte pas d'éventuels dégâts d'abattage). On reste alors dans le même ordre de grandeur en nombre d'arbres exploitable mais avec un volume moindre. On peut toutefois supposer que des espèces de pleine lumière (pionnières : Ako, Fromager, Ilomba, Azobé) montreront une croissance plus rapide, donc un volume plus important, minimisant ainsi la perte de production entre deux passages.

La suite dépendra de la régénération naturelle acquise, laquelle ne semble malheureusement pas garantie à l'exception du Kropio et du Moussangoué, d'après les données mises à notre disposition. Même le Niangon qui présente une bonne répartition des diamètres au dessus de 50 cm, montre un très faible nombre d'individus entre 40 et 45 cm de diamètre.

Pour pousser l'analyse plus loin, les données entre 5 et 40 cm de diamètre eussent été nécessaires.

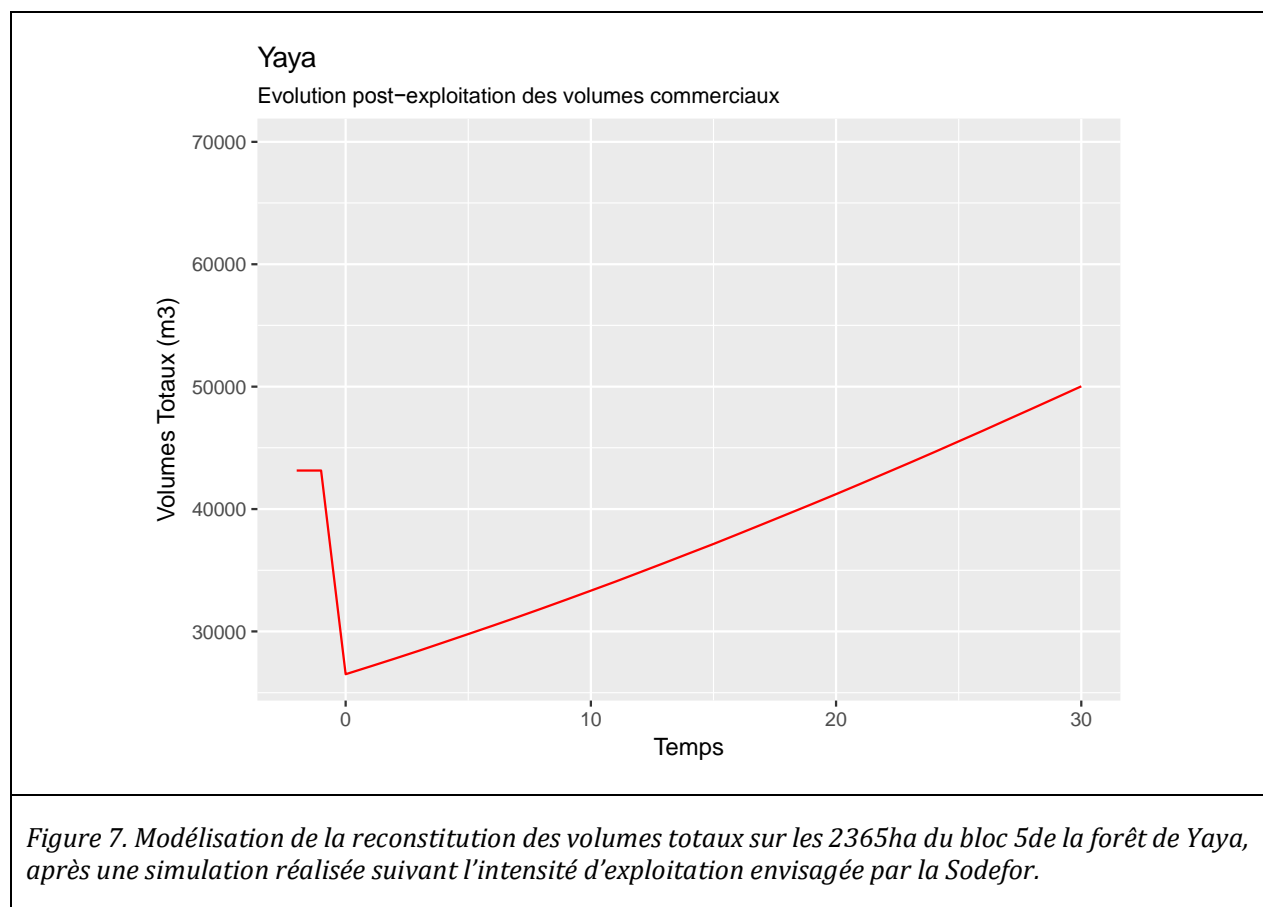
La note SODEFOR 045-2018 prévoit d'autoriser un permis d'exploitation de 5782 arbres répartis de la façon suivante :

- 1470 arbres de la catégorie P1 (d'après les données fournies, cela correspond à un DME moyen toutes espèces P1 confondues compris entre 75 cm (2497 arbres en place) et 80 cm (1335 arbres).
- 1831 arbres de la catégorie P2, ce qui correspond à un DME compris entre 60 (2321 arbres) et 65 (1698 arbres)
- 2481 arbres de catégorie P3, ce qui correspond à un DME compris entre 60 (3799 arbres) et 65 (2058 arbres)

Le nombre d'arbres accordés à l'exploitation par la SODEFOR est voisin de celui que nous avons obtenu par la mise en application des normes d'exploitation de 2017, en considérant que le diamètre de précomptage est de 40 cm. Compte tenu des chiffres présentés ci-dessus, le DME toutes espèces P1 confondues est supérieur à 75 cm, et le DME des espèces P2 et P3 est supérieur à 60 cm.

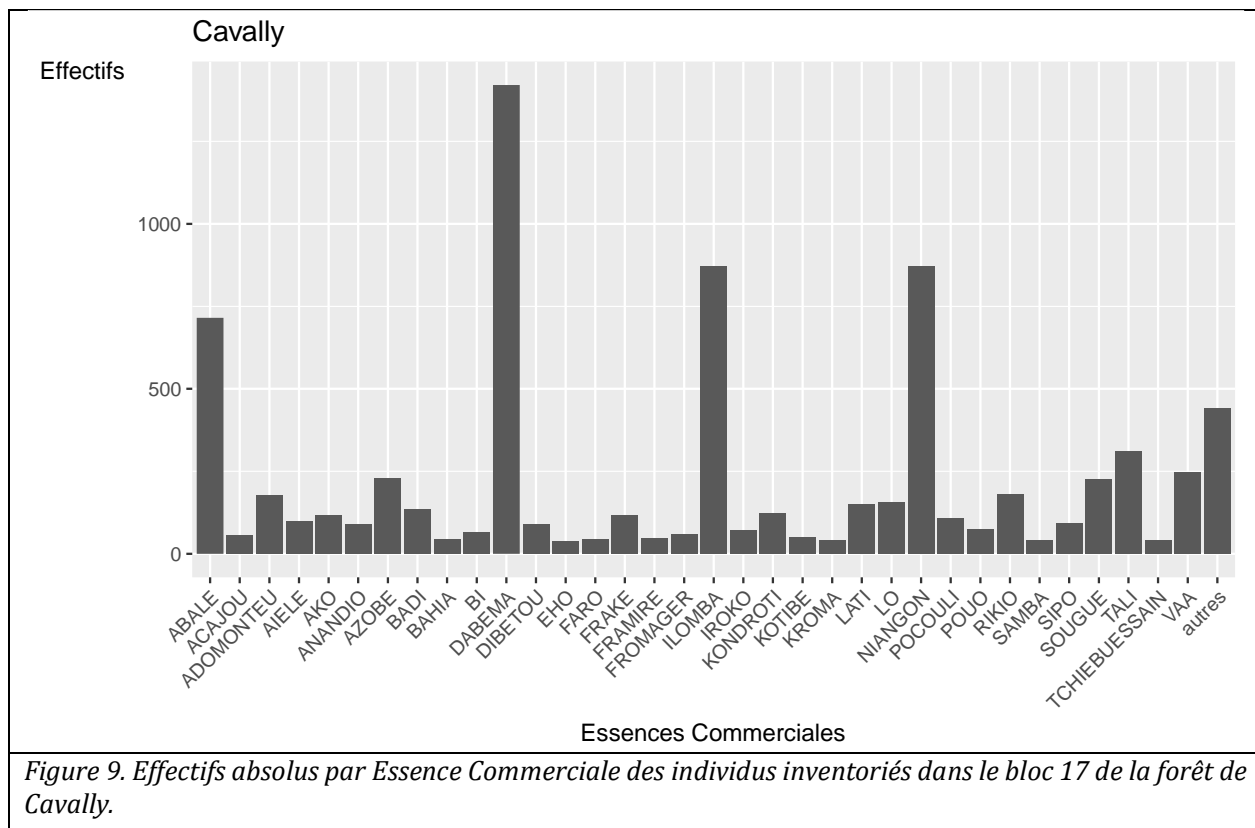
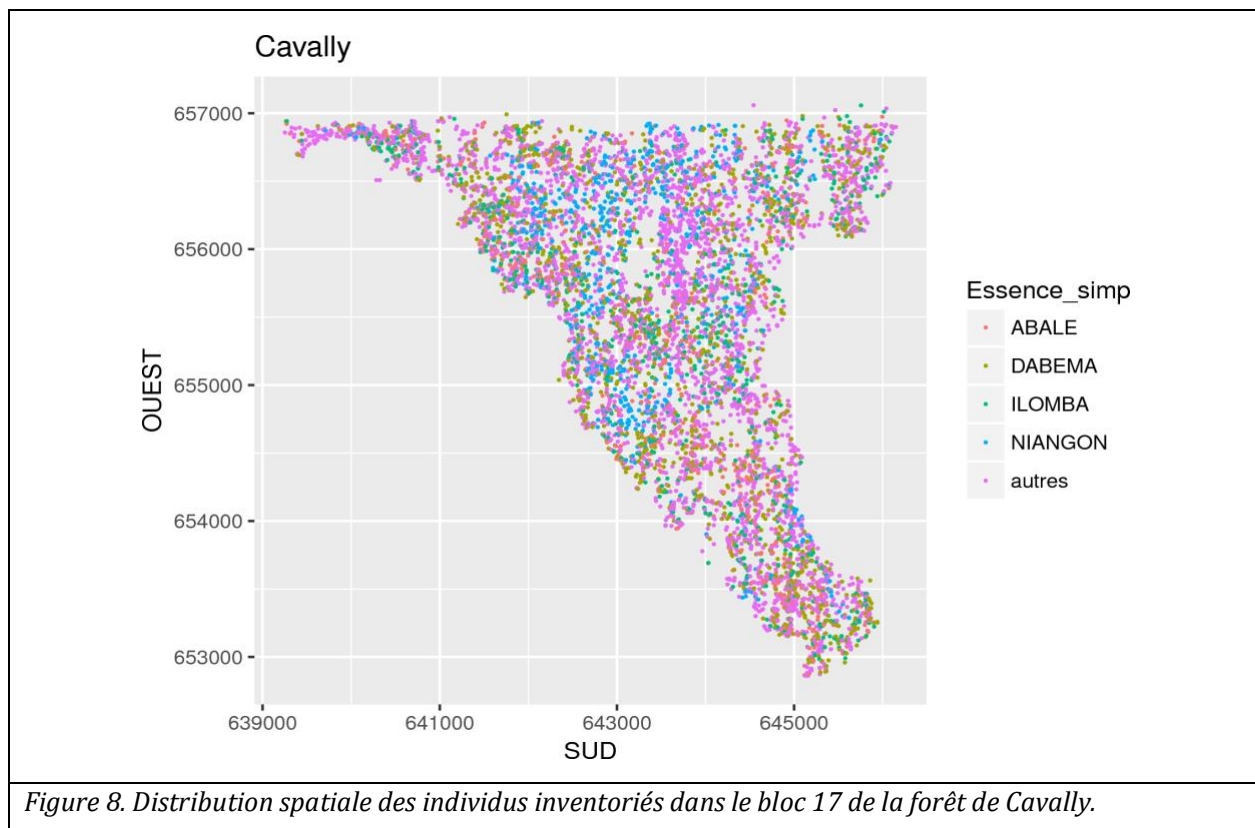
Il apparaît donc qu'il n'y a aucune raison de diminuer l'ensemble des DME à 50 cm. Par contre, si on limite le nombre d'arbres exploités à l'hectare à 2 arbres/ha, on n'autoriserait plus que l'exploitation de 4730 arbres sur l'ensemble du bloc, ce qui réduirait de plus de 1000 arbres l'exploitation envisagée par la Sodefor.

Finalement, nous avons simulé la trajectoire de reconstitution des volumes compte-tenu des informations mises à notre disposition (Figure 7). Le modèle de reconstitution prédit un temps de reconstitution théorique du volume commercial de 20 à 25 ans, ce qui est court mais la prédiction est relativement incertaine. En outre, le modèle n'intègre pas les dégâts ni les pistes réalisés lors de l'exploitation. En les intégrant, le temps de récupération peut-être multiplié par 1.5 (Piponiot et al. 2016).

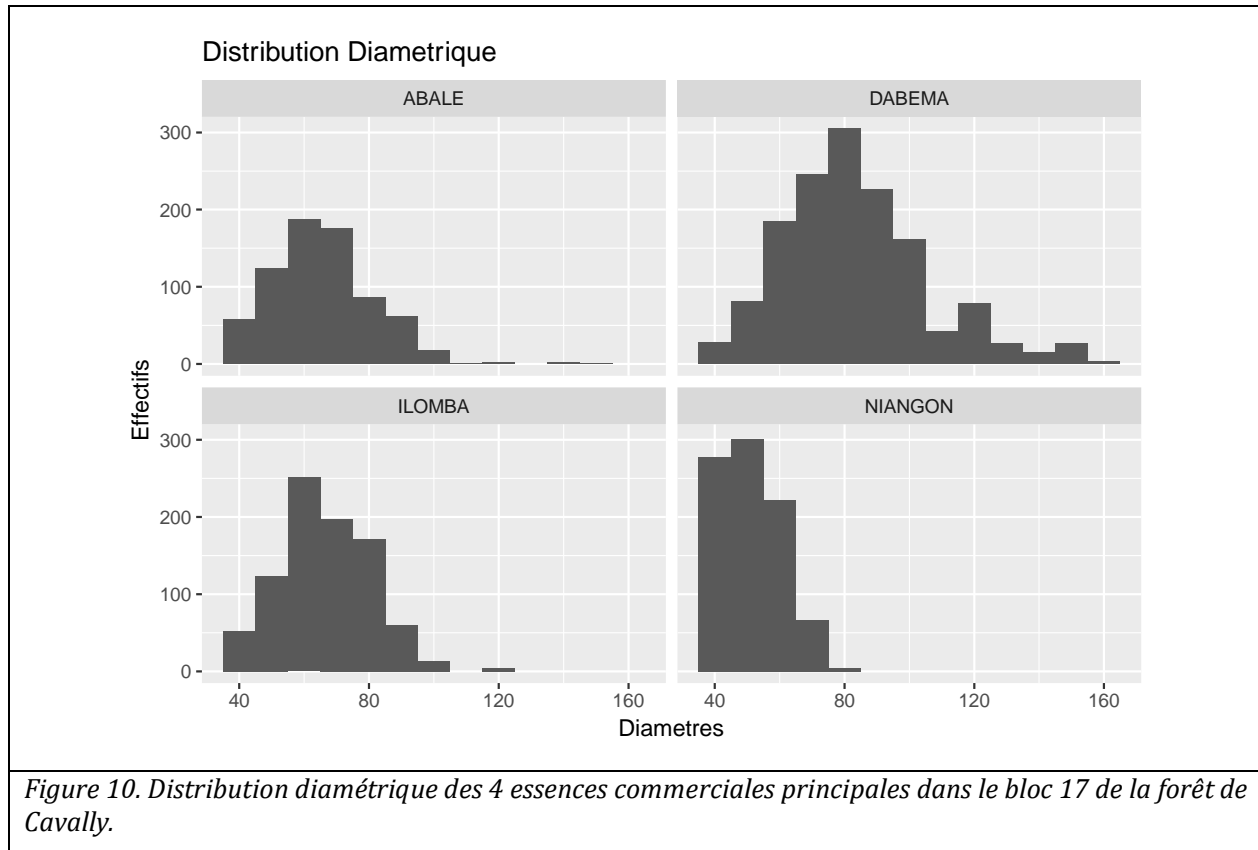


### Forêt du Cavally

Le bloc 17 de la forêt du Cavally couvre 1079 hectares. La Figure 8 montre une répartition spatiale relativement homogène des individus des principales essences commerciales sur le bloc inventorié. Il n'y a donc pas lieu d'avoir des prescriptions différenciées dans l'espace.



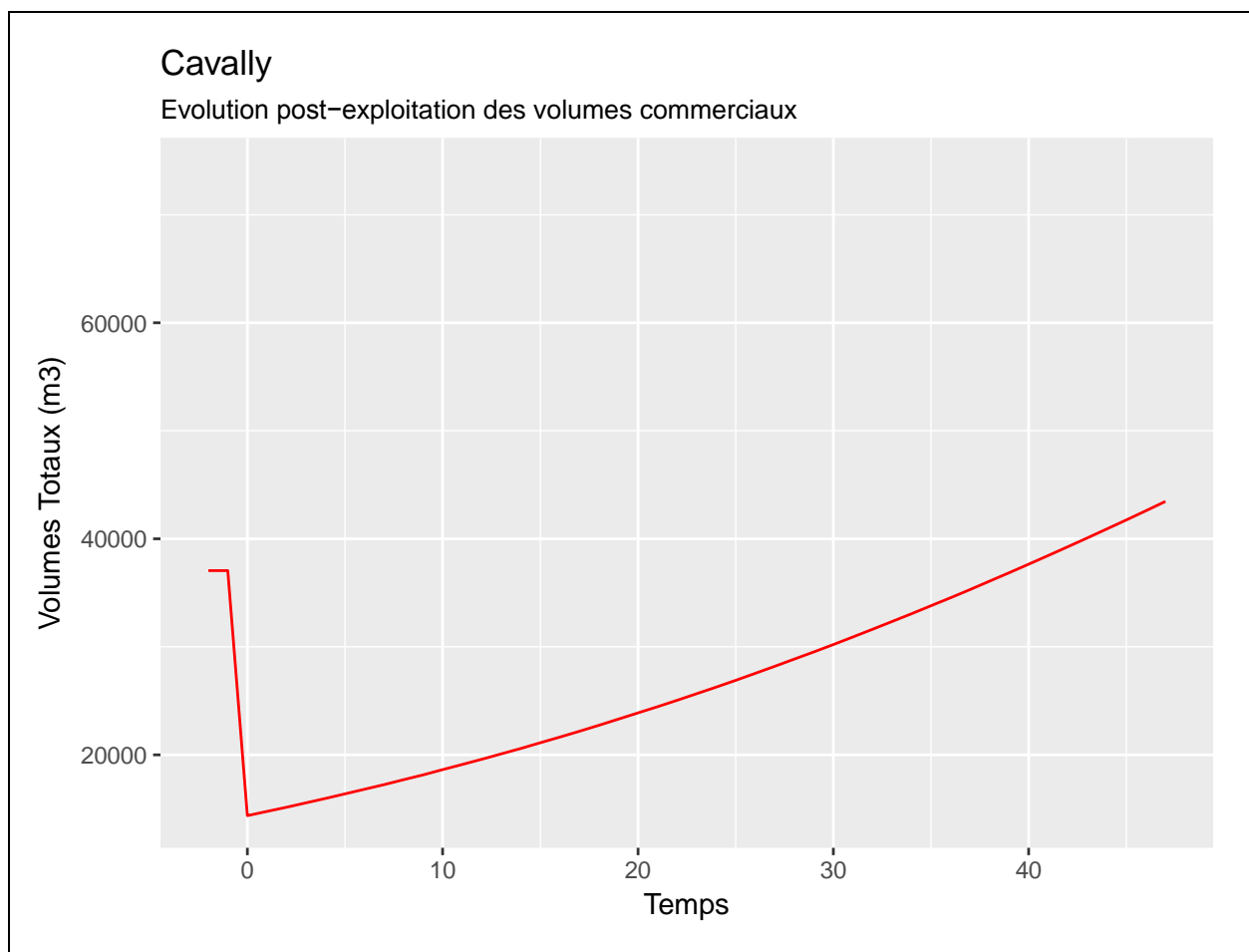
La présence assez abondante d'Iloba dans la forêt de Cavally (Figure 9), une essence pionnière, dans les classes 60 à 80 cm (Figure 10), laisse supposer qu'il y a eu exploitation forestière ou mise en culture de terres il y a entre 50 et 70 ans. Une autre espèce très abondante est le Dabéma qui est une espèce se régénérant bien sous le couvert mais qui a besoin de lumière – donc d'une ouverture dans la canopée – pour croître rapidement (avec des accroissement diamétriques pouvant dépasser 1 cm/an, assez voisins de ceux de l'Iloba). Le plus grand nombre d'arbres de cette espèce se situe entre 60 et 100 cm, confirmant ainsi qu'il y a eu des perturbations de la forêt sur une période assez courte, perturbations qui ont permis à ces deux essences de s'installer.



La distribution diamétrique des arbres montre globalement un déficit d'individus dans les classes inférieures à 60 cm et surtout à 50, sauf peut-être pour le Niangon. Les 66 essences inventoriées par la Sodefor sont représentées par un total de 7641 arbres ayant 40 cm de diamètre et plus, soit une densité de 7,1 arbre par hectare, ce qui en fait une forêt fortement dégradée. Seulement 16 essences présentent au moins un individu de 40 cm de diamètre pour 10 hectare. Une 17<sup>ème</sup> espèce est juste en dessous de cette limite. Ces 17 espèces sont représentées par 5575 arbres de plus de 50 cm de diamètre soit 5,2 arbres à l'hectare (5,5/ha en incluant les espèces secondaires).

On est donc largement en dessous de la norme qui veut qu'il y ait en moyenne 12 arbres par hectare dont deux exploitables pour pouvoir déclencher l'exploitation. Cette forêt est donc inexploitable selon les normes de 2017, même en abaissant le diamètre minimum d'exploitabilité à 50 cm pour toutes les espèces. Elle l'est d'autant plus qu'elle a été exploitée en 2004-2005 et n'a donc pas eu le temps de reconstituer son capital ni en nombre d'arbres, ni en volume.



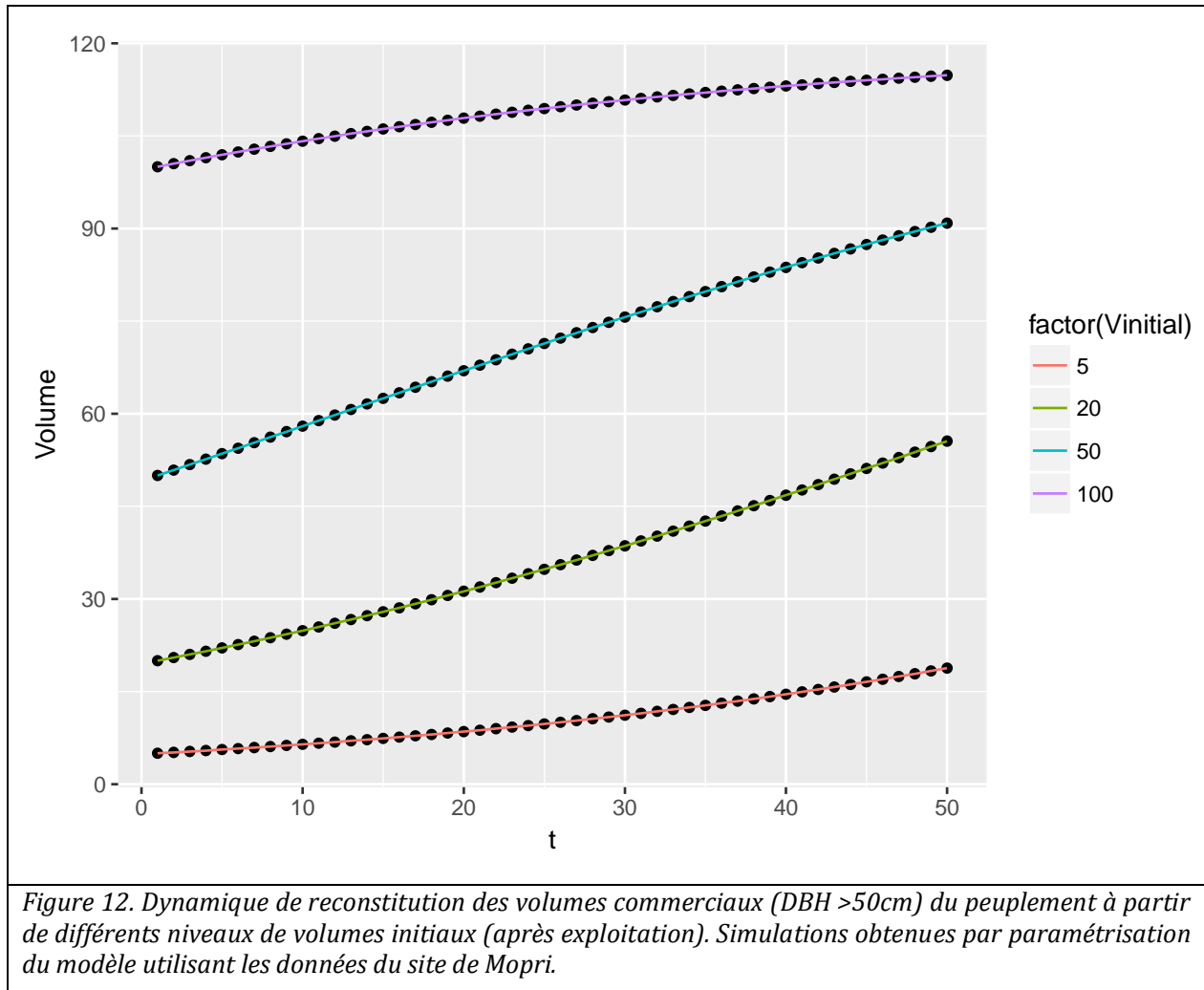


*Figure 11. Modélisation de la reconstitution des volumes totaux sur les 1079ha du bloc 17 de la forêt de Cavally, après une simulation réalisée suivant l'intensité d'exploitation envisagée par la Sodefor*

Le modèle de reconstitution prédit un temps de reconstitution théorique du volume commercial mis actuellement en exploitation d'environ 40 ans, ce qui est extrêmement élevé en forêt naturelle. D'autant plus que le modèle n'intègre à l'heure actuelle pas les dégâts ni les pistes réalisées lors de l'exploitation. En les intégrant, le temps de récupération peut être multiplié par 1.5 (Piponiot et al. 2016).

## 7. Réflexions complémentaires sur le rôle du volume laissé en place

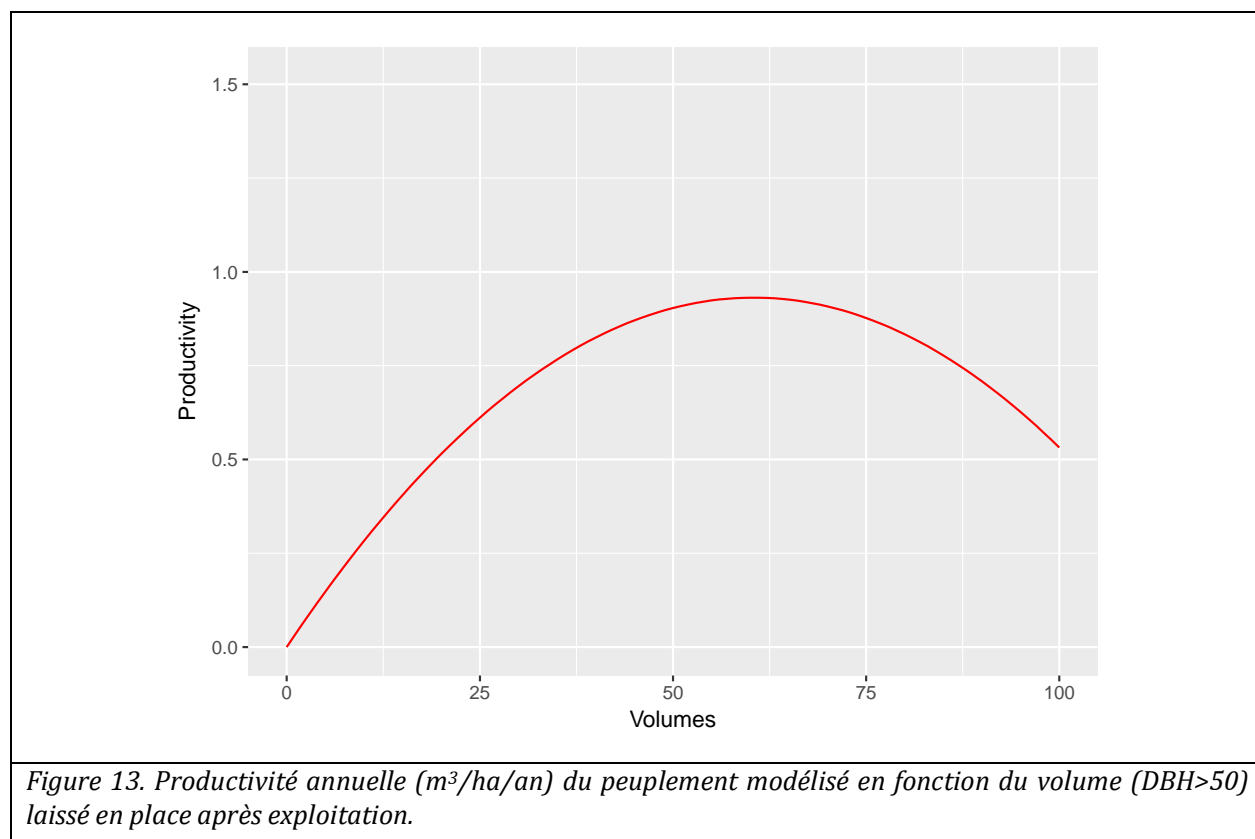
De manière générale et sauf comportement démographique particulier, les effectifs d'une essence en équilibre suivent une exponentielle décroissante (Pancel and Köhl 2016). Autrement dit, plus on avance dans les diamètres plus les effectifs sont petits. Quand ce n'est pas le cas, cela signifie que la forêt et/ou l'essence peine à se régénérer et on peut être inquiet pour le futur des effectifs. Ci-dessous (Figure 12), quelques simulations destinées à éclairer le lecteur sur l'impact fondamental du volume laissé en place après exploitation sur les vitesses de reconstitution de la ressource.



**Tableau 10 : Productivité moyenne du peuplement pour différents niveaux de volumes laissés après exploitation et aux pas de temps 25 et 50 ans. Simulations obtenues par paramétrisation du modèle utilisant les données du site de Mopri.**

Temps	V initial = 5	V initial = 20	V initial = 50	V initial = 100
Volume en Année 1	5	20	50	100
Volume en Année 25	9.76	34.8	71.37	109.43
Volume en Année 50	18.8	55.56	90.87	114.82
Productivité moyenne (m <sup>3</sup> /ha) entre 1 et 25 ans	0.19	0.59	0.85	0.38
Productivité moyenne (m <sup>3</sup> /ha) entre 26 et 50 ans	0.36	0.83	0.78	0.22

La productivité du peuplement est maximum à 60 m<sup>3</sup> et atteint alors 0.9 m<sup>3</sup>/ha/an (Figure 12). En-dessous ou au-dessus, la productivité diminue rapidement. Il y a donc tout intérêt à maintenir les peuplements de forêts sempervirentes à des niveaux de stocks compris entre 40 et 60 m<sup>3</sup>/ha pour que l'exploitant bénéficie de ce maximum de productivité.



## 8. Conclusions

Outre la conservation de toutes les espèces dont les arbres de plus de 50 cm de diamètre sont faiblement représentés (moins de 1 arbre pour 10 hectare), il serait souhaitable de conserver tous les arbres, quelque que soit leur taille, des espèces qui sont considérées comme menacées par l'UICN en Côte d'Ivoire. Leur conservation en forêts classées permet de préserver, pour le futur, des semenciers des espèces devenues rares et/ou menacées, aussi bien pour leur régénération naturelle que pour des récoltes de graines destinées aux reboisements. Il semblerait judicieux que ces espèces soient exclues du calcul du seuil de déclenchement de l'exploitation.

La diminution des DME ne se justifie pas pour deux raisons :

- le diamètre de fructification régulière des différentes espèces, en forêts naturelles, est voisin des DME actuels
- avec les intensité d'exploitation autorisées, en ne prenant que les gros diamètres, on reste largement au-dessus des DME pour les deux exemples étudiés

Au contraire, une augmentation du DME serait plus cohérente avec une gestion durable des forêts, d'autant plus que cette augmentation de DME a été largement mise en œuvre dans les pays voisins et d'Afrique centrale (Madron and Daumerie 2004; Menga et al. 2012; Mbarga, Jonkers, and Essama 1999). L'augmentation du DME aura également comme conséquence de conserver plus d'arbres semenciers, ce qui favorisera d'autant la régénération naturelle.

A noter que la forêt de Cavally a été exploitée en 2004-2005 et n'a pas pu reconstituer ses stock faute de temps. Elle ne peut normalement pas repasser en exploitation avant 2029-2030 pour respecter les rotations prévues. Actuellement ni les effectifs présents ni les simulations de reconstitution des volumes ne permettent d'autoriser l'exploitation.

Pour la forêt de Yaya, moyennant quelques précautions, l'exploitation semble envisageable en respectant strictement les règles de sylviculture 2017 et un DME de 70 cm. Dans ces conditions, les volumes se reconstitueront dans un délai de 25 ans, permettant ainsi une nouvelle exploitation.

Pour les forêts sempervirentes, un objectif serait de conserver un volume de 40 à 60 m<sup>3</sup> sur pied, des espèces principales de plus de 50 cm de diamètre, pour bénéficier du maximum de productivité (Piponiot et al. 2018).

Pour les forêts semi-décidues, compte-tenu des modifications climatiques récentes et de l'ouverture de la canopée de ces forêts, celles-ci sont soumises à un accroissement du risque de feux de brousse. Dans ces conditions l'exploitation augmente ce risque (Siegert et al. 2001; Hérault and Gourlet-Fleury 2016). En conséquence, la décision de l'exploitation devrait être prise avec la plus grande prudence.

## 9. Références

- AISA. 2007. "Régionaliser Les Tarifs de Cubage d'arbres de Forêts Naturelles et de Plantations."
- Bertault, Jean-Guy., Kouassi. Miezan, B Dupuy, L Durrieu de Madron, and I Amsallem. 1998. *Croissance et Productivité En Forêt Dense Humide Après Incendie. Le Dispositif de La Téné - Côte d'Ivoire (1978-1993)*. Série Fora. Cirad-Forêt.
- Chazdon, Robin L, Celia A Harvey, Oliver Komar, Daniel M Griffith, Bruce G Ferguson, Miguel Martínez-Ramos, Helda Morales, et al. 2009. "Beyond Reserves: A Research Agenda for Conserving Biodiversity in Human-Modified Tropical Landscapes." *Biotropica* 41 (2): 142–53. doi:10.1111/j.1744-7429.2008.00471.x.
- Denslow, JS. 1987. "Tropical Rainforest Gaps and Tree Species Diversity." *Annual Review of Ecology and Systematics*, no. 185: 431–51. doi:abs/10.2307/2097139.
- Durrieu De Madron, Luc, Vincent Favrichon, Bernard Dupuy, Avner Bar Hen, Louis Houde, and Henri Félix Maître. 1998. "Croissance et Productivité En Forêt Dense Humide : Bilan Des Expérimentations Dans Le Dispositif de Mopri - Côte d'Ivoire (1978 -1992)." *Forafri*. Vol. 3.
- Durrieu de Madron, Luc, Vincent Favrichon, Bernard Dupuy, Avner Bar Hen, and HF Maitre. 1998. "Croissance et Productivité En Forêt Dense Humide : Bilan Des Expérimentations Dans Le Dispositif d'Irobo - Côte d'Ivoire ( 1978 -1990 )." *Forafri*.
- Ellison, David, Cindy E. Morris, Bruno Locatelli, Douglas Sheil, Jane Cohen, Daniel Murdiyarso, Victoria Gutierrez, et al. 2017. "Trees, Forests and Water: Cool Insights for a Hot World." *Global Environmental Change* 43. Elsevier Ltd: 51–61. doi:10.1016/j.gloenvcha.2017.01.002.
- Groenendijk, Peter, Frans Bongers, and Pieter A. Zuidema. 2017. "Using Tree-Ring Data to Improve Timber-Yield Projections for African Wet Tropical Forest Tree Species." *Forest Ecology and Management* 400 (June). Elsevier B.V.: 396–407. doi:10.1016/j.foreco.2017.05.054.
- Herault, B, J Ouallet, L Blanc, F Wagner, and C Baraloto. 2010. "Growth Responses of Neotropical Trees to Logging Gaps." *Journal of Applied Ecology* 47 (4): 821–31. doi:DOI 10.1111/j.1365-2664.2010.01826.x.
- Hérault, Bruno, and Sylvie Gourlet-Fleury. 2016. "Will Tropical Rainforests Survive Climate Change?" In *Climate Change and Agriculture Worldwide*, edited by Emmanuel Torquebiau, 183–96. Versailles, France: Springer-Quae. doi:10.1007/978-94-017-7462-8\_14.
- Madron, Luc Durrieu De, and Alain Daumerie. 2004. "Diamètre de Fructification de Quelques Essences En Forêt Naturelle Centrafricaine." *Bois et Forêts Des Tropiques* 281 (3): 87–95.
- Mbarga, R.B., Wbj Jonkers, and J. Essama. 1999. "Phénologie de 86 Essences Productrices de Bois d' Œuvre de La Forêt Dense Humide Sempervirente Du Sud-Cameroun – Résultats Préliminaires." *Séminaire FORAFRI de Libreville*. [http://www.cameroun-foret.com/fr/system/files/18\\_27\\_34.pdf](http://www.cameroun-foret.com/fr/system/files/18_27_34.pdf).
- Menga, Pisco, Nicolas Bayol, Robert Nasi, and Adeline Fayolle. 2012. "Phénologie et Diamètre de Fructification Du Wengé, *Millettia Laurentii* De Wild. : Implications Pour La Gestion." *Bois et Forêts Des Tropiques* 66 (312): 31–41. doi:10.19182/bft2012.312.a20501.
- N'Guessan, KE, and RH Kouassi. 2005. "Accroissement En Diamètre d'essences Forestières Au Sein de Trois Périmètres Expérimentaux (Mopri, Téné et Irobo) En Côte d'Ivoire." *Agronomie Africaine* 17 (2): 91–102.
- Pancel, Laslo, and Michael Köhl. 2016. *Tropical Forestry Handbook*. Edited by Laslo Pancel and Michael Köhl. 2nd ed. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. doi:10.1007/978-3-642-54601-3.
- Pereira, Rodrigo, Johan Zweede, Gregory P. Asner, and Michael Keller. 2002. "Forest Canopy Damage and Recovery in Reduced-Impact and Conventional Selective Logging in Eastern Para, Brazil." *Forest Ecology and Management* 168: 77–89. doi:10.1016/S0378-1127(01)00732-0.

- Phillips, O. L., Y. Malhi, N. Higuchi, William F. Laurance, PERCY Nunez Vargas, Rodolfo Vasquez, Susan G Laurance, et al. 1998. "Changes in the Carbon Balance of Tropical Forests: Evidence from Long-Term Plots." *Science* 282 (5388): 439–42. doi:10.1126/science.282.5388.439.
- Pierre, Agbani Onodjè, Gandji Kisito, Tovissodé Frédéric, Karen Hahn, and Sinsin Brice. 2017. "Production Fruitière De Quatre Essences Ligneuses Dans La Forêt De Nassou En Zone Soudanienne Du Bénin." *European Scientific Journal* 13 (36): 30–40. doi:10.19044/esj.2017.v13n36p352.
- Piponiot, Camille, Antoine Cabon, Laurent Descroix, Aurélie Dourdain, Lucas Mazzei, Benjamin Ouliac, Ervan Rutishauser, Plinio Sist, and Bruno Hérault. 2016. "A Methodological Framework to Assess the Carbon Balance of Tropical Managed Forests." *Carbon Balance and Management* 11 (1). Springer International Publishing: 15. doi:10.1186/s13021-016-0056-7.
- Piponiot, Camille, Géraldine Derroire, Laurent Descroix, Lucas Mazzei, Ervan Rutishauser, Plinio Sist, and Bruno Hérault. 2018. "Assessing Timber Volume Recovery after Disturbance in Tropical Forests - a New Modelling Framework." *Ecological Modelling* in press. Elsevier: 1–17. doi:10.1016/j.ecolmodel.2018.05.023.
- Sanogo, Abou. 2018. "Contribution à La Mise En Place d'un Centre National de Semences Forestières." Yamoussoukro.
- Sasaki, Nophea, Gregory P Asner, Yude Pan, Wolfgang Knorr, Patrick B Durst, Hwan O Ma, Issei Abe, Andrew J Lowe, Lian P Koh, and Francis E Putz. 2016. "Sustainable Management of Tropical Forests Can Reduce Carbon Emissions and Stabilize Timber Production." *Frontiers in Environmental Science* 4 (August): 50. doi:10.3389/fenvs.2016.00050.
- Sheil, Douglas. 2018. "Forests , Atmospheric Water and an Uncertain Future : The New Biology of the Global Water Cycle." *Forest Ecosystems* 5. Forest Ecosystems: 19. <https://forestecosyst.springeropen.com/articles/10.1186/s40663-018-0138-y>.
- Siegert, F, G Ruecker, a Hinrichs, and a a Hoffmann. 2001. "Increased Damage from Fires in Logged Forests during Droughts Caused by El Niño." *Nature* 414 (6862): 437–40. doi:10.1038/35106547.
- Sosef, Marc S. M., Gilles Dauby, Anne Blach-Overgaard, Xander van der Burgt, Luís Catarino, Theo Damen, Vincent Deblauwe, et al. 2017. "Exploring the Floristic Diversity of Tropical Africa." *BMC Biology* 15 (1). BMC Biology: 15. doi:10.1186/s12915-017-0356-8.
- Staal, Arie, Obbe A. Tuinenburg, Joyce H. C. Bosmans, Milena Holmgren, Egbert H. van Nes, Marten Scheffer, Delphine Clara Zemp, and Stefan C. Dekker. 2018. "Forest-Rainfall Cascades Buffer against Drought across the Amazon." *Nature Climate Change* 8 (6). Springer US: 1. doi:10.1038/s41558-018-0177-y.
- Wagner, Fabien, Bruno Hérault, Clément Stahl, Damien Bonal, and Vivien Rossi. 2011. "Modeling Water Availability for Trees in Tropical Forests." *Agricultural and Forest Meteorology* 151 (9). Elsevier B.V.: 1202–13. doi:10.1016/j.agrformet.2011.04.012.
- Wagner, Fabien, Vivien Rossi, Mélaïne Aubry-Kientz, Damien Bonal, Helmut Dalitz, Robert Gliniars, Clément Stahl, Antonio Trabucco, and Bruno Hérault. 2014. "Pan-Tropical Analysis of Climate Effects on Seasonal Tree Growth." Edited by Morag Mcdonald. *PloS One* 9 (3): e92337. doi:10.1371/journal.pone.0092337.

## Annexes

### Annexe 1 : Evolution de l'exploitation du bois d'œuvre en Côte d'Ivoire

Les exploitations particulièrement fortes des années 1970-80 ont fait régresser fortement les essences les plus précieuses. Les industriels se sont ensuite tournés vers les essences secondaires, puis les « bois divers » qui jusque là avaient été dédaignées. Or on constate que même celles-ci se font de plus en plus rares.

Ainsi, l'exploitation du fromager (*Ceiba pentandra*), représentait 23% du bois exploité en 2004 avec 362 000 m<sup>3</sup> grumes. Son exploitation est montée jusqu'à 483 000 m<sup>3</sup> en 2007 pour revenir à 345 000 m<sup>3</sup> en 2010, mais il représentait alors près de 35% des volumes de bois d'œuvre exploités. Sur 7 ans, ce sont plus de 2 800 000 m<sup>3</sup> qui ont été exploités et la ressource pourrait commencer à se raréfier. Le kapokier (*Bombax buonopozense*) passe de 26 500 m<sup>3</sup> en 2004 à 11 800 m<sup>3</sup> en 2010, laissant penser que lui aussi devient plus rare.

Pour compenser la raréfaction de certaines essences (voir aussi ci-dessous) des essences secondaires sont exploitées plus intensivement comme l'ako (*Antiaris africana*) dont la transformation est passée de 28 100 m<sup>3</sup> en 2004 à 61 600 m<sup>3</sup> en 2010. L'azobé (*Lophira alata*) a aussi doublé de 7 900 m<sup>3</sup> en 2004 à 15 750 m<sup>3</sup> en 2010 en passant par un pic de 21 000 m<sup>3</sup> en 2008. Le faro (*Danielliasp*) a vu sa production augmenter de 2 550 m<sup>3</sup> en 2004 à 4 050 m<sup>3</sup> en 2010 et le lati (*Amphimassp*) passe de 630 à 2 380 m<sup>3</sup> sur la même période.

En dehors de ces espèces, l'exploitation de toutes les autres espèces principales et secondaires déclinent. Entre 2004 et 2010, le Badi (*Nauclea diderrichii*) a vu sa production baisser de 24% de 28 700 à 21 200 m<sup>3</sup>, celle du samba (*Triplochiton scleroxylon*) a été divisée par deux de 224 800 à 113 200 m<sup>3</sup>, celle de l'iroko (*Chlorophorasp.*) par trois de 197 400 à 63 600 m<sup>3</sup>, le bahia (*Hallea stipulosa*) est passé de 39 100 à 21 800 m<sup>3</sup>, le framiré (*Terminalia ivorensis*) est passé de 68 300 à 29 000 m<sup>3</sup>, le fraké (*Terminalia superba*) de 75 000 à 59 000 m<sup>3</sup> malgré une pointe à 80 000 m<sup>3</sup> en 2008, le niangon (*Heritiera utilis*) de 25 000 à 19 600 m<sup>3</sup>, le tali (*Erythrophleumsp*) de 9 800 à 8 800 m<sup>3</sup>, le dibetou (*Lovoa trichilioides*) a été divisé presque par trois de 8 040 à 2 840 m<sup>3</sup>. Le pouou (*Funtumia elastica*) de 3 200 en 2004 à 2 200 m<sup>3</sup> en 2010 ; le dabéma (*Piptadeniastrum africanum*) de 49 500 à 34 800 m<sup>3</sup>, l'ilomba (*Pycnanthus angolensis*) de 56 150 m<sup>3</sup> à 34 300 m<sup>3</sup>.

Parmi les bois précieux, la production du kotibé (*Nésogordonia papavifera*) a baissé de 29% de 17 200 à 12 300 m<sup>3</sup>. L'acajou (*Khaya ivorensis*) a vu sa production divisée par deux de 63 300 à 29 500 m<sup>3</sup> comme le bossé (*Guarea*) de 4 900 à 2 170 m<sup>3</sup>, le kosipo (*Entandrophragma candolei*) de 5 080 à 2 200 m<sup>3</sup> et le movingui (*Distemonanthus benthamianus*) de 3 100 à 1 500 m<sup>3</sup>. La production de makoré (*Tieghemella heckelii*) a été divisée par trois de 9 960 à 3 590 m<sup>3</sup> comme celle de sipo (*Entandrophragma utile*) de 14 700 à 5 060 m<sup>3</sup> et de l'aboudikro/sapelli (*Entandrophragma cylindricum*) de 11 300 à 4 100 m<sup>3</sup>.

La production de tiamia (*Entandrophragma angolense*) a été divisée par quatre de 41 700 à 10 400 m<sup>3</sup> comme celle de l'amazakoué (*Guibourtia ehie*) de 2 450 à 680 m<sup>3</sup> ; celle de l'aniegré (*Aningeria* sp) par près de six de 36 800 à 6 450 m<sup>3</sup>. Le lingué (*Afzelia* sp), par contre, est revenu à 12 000 m<sup>3</sup> après avoir baissé jusqu'à 6 200 m<sup>3</sup> en 2009,

Sur les 75 essences analysées la tendance générale est similaire : les récoltes baissent d'année en année. On peut se demander si les forêts secondarisées et les arbres encore inclus dans les espaces anthropisés (cultures et jachères courtes) permettront de maintenir l'industrie ivoirienne dans les prochaines années. D'autant plus que la part des forêts classées (appartenant à l'Etat) dans l'approvisionnement des industries reste très faible 7,1% en 2004 et 6,3% en 2010. La reprise des récoltes en 2012, plus 500 000 m<sup>3</sup> par rapport à 2011, est suivie d'une légère baisse en 2013 et 2014.

## Annexe 2 : Espèces exploitées en Côte d'Ivoire

Catégorie, croissance moyenne en diamètre (mm/an) et épaisseur d'aubier (cm), classement UICN et Cites et densité du bois à 12% d'humidité.

Espèces		CAT	mm/ an	Epaisseur aubier (cm)	Statut UICN	Densité **
Abale	<i>Petersianthus macrocarpus</i>	1		8-10	PRC*	0,80
Aboudikro	<i>Entandrophragma cylindricum</i>	1	3-6,5	4-8	Vulnérable	0,69
Abrahassa	<i>Phyllocosmus africanus</i>	3		large	PRC	0,92
Acajou	<i>Khaya sp</i>	1	4,2	3-8	Vulnérable	0,57
Adjouaba	<i>Dacryodes klaineana</i>	3		<10	Vulnérable	0,80
Adjouaba à racines aériennes	<i>Santiria trimera</i>	3				
Adomonteu	<i>Anthonota fragrans</i>	2		<15	PRC	0,72
Aiélé	<i>Canarium schweinfurthii</i>	1		5-10	PRC	0,49
Akatio (Longhi)	<i>Chrysophyllum sp</i>	1		3-4	PRC	0,75
Akédé	<i>Antiaris toxicaria var welwitschii</i>	3		<7		0,44
Ako	<i>Antiaris toxicaria</i>	1		indifférencié	PRC	0,47
Akoret	<i>Discoglyprena caloneura</i>			Peu distinct	PRC	0,40
Akossika	<i>Scottellia sp</i>	1		indifférencié	PRC	0,66
Akoua	<i>Anthrocaryon micraster</i>	2		indifférencié	PRC	0,55
Akouapo	<i>Sacoglottis gabonensis</i>	3		indifférencié	PRC	0,89
Akouedo	<i>Synsepalum afzelii</i>	3		distinct	PRC	0,99
Amazakoué	<i>Guibourtia ehie</i>	1		4-7	PRC	0,82
Anandio	<i>Chrysophyllum africanum</i>	3		3-4	PRC	0,75
Aniégré blanc	<i>Pouteria aningeri</i>	1	3,2	3-6	PRC	0,57
Aniégré rouge	<i>Chrysophyllum perpulchrum</i>	1		3-6	PRC	0,57
Aniouketi	<i>Pachypodanthium staudtii</i>	3		?	?	?
Aramon	<i>Maranthes glabra</i>	3		distinct	PRC	1,06
Aribanda	<i>Trichilia tessmannii</i>	3		?	?	?
Asan	<i>Celtis zenkeri</i>	2		indifférencié	PRC	0,75
Assamela	<i>Pericopsis elata</i>	1		1-2	Annexe II	0,74
Avodiré	<i>Turraeanthus africana</i>	1		indifférencié	Vulnérable	0,58
Azobé	<i>Lophira alata</i>	1		2-4	Vulnérable	1,06
Azodeau	<i>Afzelia sp</i>	1		2-5	PRC	0,80
Ba	<i>Celtis midbraedii</i>	2		indifférencié	PRC	0,75
Badi	<i>Nauclea diderrichii</i>	1		3-5	Vulnérable	0,76
Bahé	<i>Zanthoxylum gillettii</i>	2		1-2	PRC	0,88
Bahia	<i>Fleroya lerdermannii</i>	1		indifférencié	Vulnérable	0,60
Bala	<i>Chidlowia sanguinea</i>	3				
Bété	<i>Mansonia altissima</i>	1		2-5	PRC	0,66
Bi	<i>Eribroma oblongum</i>	2		10-20	PRC	0,74
Boa	<i>Chrysophyllum</i>	3		?	?	?



	<i>pruniforme</i>					
Boborou	<i>Irvingia gabonensis</i>	3		10-20	PRC	0,92
Bodioa	<i>Anopyxis klaineana</i>	2		Peu différencié	PRC	0,89
Bodo	<i>Detarium senegalense</i>	2		7-10	PRC	0,66
Bon	<i>Cordia platythyrsa</i>	3		4-6	Vulnérable	0,50
Bossé	<i>Guarea cedrata</i>	1	3	5-10	PRC	0,63
Broutou	<i>Didelotia letouzeyi</i>	3		5-10	PRC	0,64
Dabé	<i>Erythroxylum mannii</i>	3		3-6	PRC	0,66
Dabéma	<i>Piptadeniastrum africanum</i>	1	5-10	5-15	PRC	0,70
Dantoué	<i>Olfieldia africana</i>	3		4-6	PRC	0,91
Dibétou	<i>Lovoa trichilioides</i>	1	5-8	3-7	Vulnérable	0,53
Difou	<i>Morus mesozygia</i>	1		5-6	PRC	0,84
Djimbo	<i>Mammea africana</i>	2		3-6	PRC	0,75
Dobotou	<i>Crudia senegalensis</i>	3		?	?	lourd
Eho	<i>Ricinodendron heudelotii</i>	2		Indifférencié	PRC	0,26
Emien	<i>Alstonia boonei</i>	1		Indifférencié	PRC	0,36
Etimoé	<i>Copaifera salikounda</i>	2		5-10	PRC	0,71
Fara	<i>Stereospermum acuminatissimum</i>	2		?	?	?
Faro	<i>Daniellia sp</i>	1		4-12	PRC	0,55
Fraké	<i>Terminalia superba</i>	1	10-11	Indifférencié	PRC	0,54
Framiré	<i>Terminalia ivorensis</i>	1		2-5	Vulnérable	0,50
Fromager	<i>Ceiba pentandra</i>	1		Indifférencié	PRC	0,32
Guépizou	<i>Calpocalyx aubrevillei</i>	3		distinct	?	<0,70
Iatandza	<i>Albizzia ferruginea</i>	1		3-6	Vulnérable	0,60
Ilomba	<i>Pycnanthus angolensis</i>	1		Indifférencié	PRC	0,49
Iroko	<i>Milicia regia</i>	1	4-5	5-10	PRC	0,64
Kanda	<i>Beilschmiedia mannii</i>	3		2-5	PRC	0,71
Kantou	<i>Inhambanella guereensis</i>	3		?	Menacé	?
Kékélé	<i>Holoptelea grandis</i>	2		Indifférencié	PRC	0,65
Kodabéma	<i>Aubrevillea kerstingii</i>	2		?	?	?
Koframiré	<i>Pteleopsis hylodendron</i>	3		7-10	Menacé	0,80
Kondroti	<i>Rhodognaphalon brevicuspe</i>	1		8-10	Vulnérable	0,46
Kosipo	<i>Entandrophragma candolei</i>	1		4-8	Vulnérable	0,69
Kotibé	<i>Nesogordonia paparevifera</i>	1		2-5	Vulnérable	0,76
Koto	<i>Pterygota macrocarpa</i>	1		Indifférencié	Vulnérable	0,59
Kouéro						
Kroma	<i>Klainedoxa gabonensis</i>	2		10-20	PRC	1,06
Kropio	<i>Dialium aubrevillei</i>	3		4-8	PRC	0,94
Lati	<i>Amphimas pterocarpoides</i>	1		5-8	PRC	0,82
Lingué	<i>Azelia africana</i>	1		<8	Vulnérable	0,79
Lohonfé	<i>Celtis adolfi-friderici</i>	2		Indifférencié	PRC	0,72
Lo	<i>Parkia bicolor</i>	3		Indifférencié	PRC	0,54
Loloti	<i>Lannea welwitschii</i>	2		Indifférencié	PRC	0,50
Lotofa	<i>Sterculia rhinopetala</i>	2		4-6	PRC	0,84
Makoré	<i>Tieghemella heckelii</i>	1		4-8	En danger	0,67
Meblo/Naga	<i>Brachystegia leonensis</i>	3		6-15	PRC	0,62

Melegba	<i>Berlinia confusa</i>	2		10-15	PRC	0,70
Moussangoué	<i>Scytopetalum tieghemii</i>	3		distinct		0,74
Movingui	<i>Disthemonanthus benthamianus</i>	1		2-4	PRC	0,73
Mutibganayé	<i>Guarea thomsonii</i>	3		5-10	Vulnérable	0,68
Niangon	<i>Heritiera utilis</i>	1		3-4	Vulnérable	0,70
Oba	<i>Bombax buonopozense</i>	1		Indifférencié	PRC	0,41
Ouochi	<i>Albizia zygia / adianthifolia ?</i>	3		3-6	PRC	0,60
Ovala	<i>Pentaclethra macrophylla</i>	3		2-5	PRC	0,95
Pépéangrouafou	<i>Ficus variifolia</i>	1		Indifférencié	PRC	0,40
Pocouli	<i>Berlinia occidentalis</i>	2		10-15	PRC	0,70
Poré-poré	<i>Sterculia tragacantha</i>	3		4-6	?	0,78
Pouo	<i>Funtumia sp</i>	2		Indifférencié	?	0,46
Rikio	<i>Uapaca sp.</i>	3		Peu différencié	?	0,73
Samba	<i>Triplochiton scleroxylon</i>	1	8-14	Indifférencié	Vulnérable	0,38
Sipo	<i>Entandrophragma utile</i>	1	4-6,5	2-6	Vulnérable	0,62
Sougué	<i>Parinari sp</i>	2		2-3	PRC	0,89
Tali	<i>Erythrophleum ivorense</i>	1	5-7	3-6	PRC	0,91
Tchiébeussain	<i>Xylia evansii</i>	3		?	?	0,77
Tiama	<i>Entandrophragma angolense</i>	1	3-6	6-10	Vulnérable	0,55
Vaa	<i>Gilbertiodendron ivorense</i>	2		5-10	PRC	0,81
Zaizou	<i>Gymnostemon zaizou</i>	2		?	?	?

CAT : Les essences principales qui sont valorisables en bois d'oeuvre, sont subdivisées en trois catégories (de 1 à 3) en fonction de leur valeur commerciale décroissante

Les intervalles d'épaisseur d'aubier sont donnés à titre indicatif : plus l'aubier est épais, moins bon sera le rendement à la transformation

\* PRC = Pas de restriction commerciale en 2016 ; A noter que les essences classées vulnérables en Côte d'Ivoire par l'IUCN ne font pas – pour l'instant – l'objet de restrictions commerciales au niveau international (Cites) à l'exception de l'Assaméla.

\*\* Les caractéristiques mécaniques des bois sont assez bien corrélées avec leur densité

### Annexe 3 - Comment calcule-t-on les DME ?

Le calcul du DME se base sur la durée de la rotation et sur divers diamètres minimums d'exploitabilité (DME) pour estimer le pourcentage de reconstitution du nombre de tiges de diamètre exploitable présentes avant l'exploitation ; ceci pour les principales essences présentes et exploitées.

Pour conserver le capital sur pied, les coupes à venir ne pourront pas récolter plus que le volume de bois produit pendant la durée de la rotation. Pour cela il est indispensable d'avoir un nombre suffisant de tiges d'avenir sur pied après l'exploitation. Les tiges d'avenir sont celles dont le diamètre est compris entre le DME et un diamètre égal au DME moins l'accroissement annuel moyen en diamètre de l'espèce concernée multiplié par la durée de la rotation. La durée de la rotation est donc un facteur essentiel à prendre en compte dans le calcul de la reconstitution du capital exploitable en fin de rotation. Outre la croissance en diamètre, le calcul de la reconstitution du capital doit prendre en compte la structure diamétrique des principales essences que l'on envisage d'exploiter.

Le calcul, prenant en compte ces paramètres, se base sur deux hypothèses simplificatrices :

- Les conditions environnementales actuelles (climat) se maintiennent ainsi que la vitesse de croissance des arbres,
- Les données d'accroissements des espèces sont généralisables à de grands ensembles forestiers.

La reconstitution peut alors être calculée en prenant en compte les dégâts d'exploitation, l'accroissement des arbres et la mortalité naturelle des essences composant la majorité du volume exploitable. A noter que si la forêt a déjà été exploitée, la mortalité naturelle est fortement réduite par rapport à une forêt intacte, au contraire de celle liée à l'exploitation. Cette dernière peut néanmoins être limitée par l'utilisation des techniques d'exploitation à faible impact.

Dans le cas idéal et quand les données sont disponibles, on se base, pour chaque essence, sur les effectifs des classes de diamètre inférieures au DME auxquelles on applique un accroissement diamétrique en mm/an et un pourcentage de perte dû aux dégâts d'exploitation et éventuellement un taux de mortalité naturelle. Les calculs sont effectués en prenant la première classe de diamètre juste en dessous du DME. Les classes sont de 10 en 10 cm ou moins en fonction des techniques d'inventaire et de leur précision. On recommence ensuite avec les deux premières classes inférieures au DME, puis avec les trois premières et ainsi de suite. Cette façon de procéder permet de déterminer à chaque fois un taux de reconstitution du nombre d'arbres exploitables en fin de révolution par rapport au nombre de tiges initialement exploitées. Cette façon de procéder est renouvelée en modifiant le DME dans un sens ou dans l'autre. Le DME adéquat – donc à utiliser pour l'exploitation – est déterminé lorsque l'on obtient une prévision de récolte équivalente à la récolte actuelle calculée sur la base de DME variables. Une autre possibilité, moins précise mais plus robuste car nécessitant beaucoup moins de paramètres, consiste à estimer la reconstitution du volume global, au-dessus du DME, de toutes les essences inventoriées (Piponiot et al. 2018). C'est cette dernière méthodologie qui sera utilisée dans ce rapport, compte-tenu du temps imparti.

Toutes les études réalisées de cette manière ont abouti à la même conclusion : il est difficile d'envisager une reconstitution complète du stock initial sans augmenter de manière sensible (de plusieurs dizaines de cm) les DME des principales essences et sans allonger la durée de la rotation (souvent à 40 ans minimum).

ESSENCE		EFFECTIF PAR CLASSE DE DIAMETRE																							TOTAL	CAT	
	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	150	160	(vide)			
AKO	<i>Antiaris toxicaria</i>	12	1	89	11	86	16	50	11	2	5	2	2													287	P1
AZOBE	<i>Lophira alata</i>	4		11	9	5	15	12	62	11	55	21	44	19	26	2	4	3	11		2	1				317	P1
BAHIA *	<i>Fleroya sp</i>	10	14	182	52	65	39	16	23	8	5															414	P1
DABEMA	<i>Piptadeniastrum africanum</i>	14		237	71	124	179	93	350	73	226	72	65	6	15	2		2	2							1531	P1
DIBETOU	<i>Lovoa trichilioides</i>	1	1	158	2	110	4	10	2	4			1													293	P1
FARO	<i>Daniellia sp</i>	69	14	1195	214	256	256	153	248	69	91	50	17	9	3	2		2								2648	P1
FROMAGER **	<i>Ceiba pentandra</i>		1	60	17	35	16	17	23	10	25	16	8	8	1	2										239	P1
ILOMBA	<i>Pycnanthus angolensis</i>	10	1	146	46	34	16	7	17	1	3															281	P1
KONDROTI	<i>Rhodognaphalon brevicuspe</i>	4		660	26	15	34	29	41	11	6	1	3													830	P1
LATI	<i>Amphimas pterocarpoides</i>	7		94	26	64	55	49	99	30	52	17	5	5	2											505	P1
NIANGON	<i>Heritiera utilis</i>	40	506	907	541	761	346	144	213	76	5			1												3540	P1
TALI	<i>Erythrophleum ivorense</i>	5		32	17	24	33	32	73	20	45	17	21	3	6	1										329	P1
ADOMONTEU	<i>Anthonota fragrans</i>	47		111	19	123	40	110	52	53	19	20	5	3												602	P2
EHO	<i>Ricinodendron heudelotii</i>	61		67	8	54	10	14	14	8	3	3														242	P2
KROMA	<i>Klainedoxa gabonensis</i>	21		61	7	70	14	57	28	29	10	11	3	11		4		2		1						329	P2
MELEGBA	<i>Berlinia confusa</i>	72		138	52	83	42	40	28	12	10	4	2	1	1											485	P2
SOUGUE	<i>Parinari sp</i>	8		20	8	29	29	29	49	20	27	17	5	2	2			1								246	P2
VAA	<i>Gilbertiodendron ivorense</i>	363	26	226	423	264	334	111	272	42	66	15	8	3	1			1								2155	P2
ADJOUABA	<i>Dacryodes klaineana</i>	332		145	8	41		9		7																542	P3
ANANDIO	<i>Chrysophyllum africanum</i>	192	3	207	54	85	30	25	10	4	3	1														614	P3
ARAMON	<i>Maranthes glabra</i>	123		167	12	116	15	67	5	48	2	18		7		1		1								582	P3
DOBOTOU	<i>Crudia gabonensis</i>	76		91	24	28	25	52	5	11		1														313	P3
KROPIO	<i>Dialium aubrevillei</i>	2190		1629	127	805	70	312	15	46		8		1								1		1		5205	P3
LO	<i>Parkia bicolor</i>	173	2	286	53	418	127	346	212	206	87	116	15	27	1	6		4				1		1		2081	P3
MOUSSANGOUE	<i>Scytotetalum tieghemii</i>	648		365	23	84	2	21		3											2					1148	P3
RIKIO	<i>Uapaca sp.</i>	129		210	12	164	10	48	1	16		5														595	P3
Totaux		4611	569	7494	1862	3943	1757	1853	1853	820	745	415	204	106	58	20	4	16	13	1	2	5	0	2	0	26353	

#### Annexe 4 - Effectifs par classes de diamètres des essences potentiellement exploitables de la forêt de Yaya.

ESSENCES		Classes de diamètres														Totaux		Cat
		40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160			
ABALE	<i>Petersianthus macrocarpus</i>	58		124	189	175	86	61	18	1	2		2	1		717	6,64	P1
AKO	<i>Antiaris toxicaria</i>	3		20	19	16	21	28	4	1	4					116	1,07	P1
AZOBE	<i>Lophira alata</i>	7		7	10	26	43	52	46	7	28	1			1	228	2,11	P1
BADI	<i>Nauclea diderrichii</i>	12		19	38	33	24	11								137	1,27	P1
DABEMA	<i>Piptadeniastrum africanum</i>	28		81	185	245	306	227	161	42	78	26	15	26	3	1423	13,18	P1
FRAKE	<i>Terminalia superba</i>	13		21	47	26	6	2								115	1,06	P1
ILOMBA	<i>Pycnanthus angolensis</i>	52		124	251	197	171	60	13		4					872	8,07	P1
KONDROTI	<i>Rhodognaphalon brevicuspe</i>	23		29	28	19	14	8	1							122	1,13	P1
LATI	<i>Amphimas pterocarpoides</i>	14		19	33	35	32	12	3		2					150	1,39	P1
NIANGON	<i>Heritiera utilis</i>	276	2	301	222	67	4									872	8,07	P1
TALI	<i>Erythrophleum ivorense</i>	9		37	87	68	72	28	11							312	2,89	P1
ADOMONTEU	<i>Anthonota fragrans</i>	12		32	52	41	26	12	2		1					178	1,65	P2
POCOULI	<i>Berlinia occidentalis</i>	14		19	23	25	12	10	3	1						107	0,99	P2
SOUGUE	<i>Parinari sp</i>	7		24	46	46	57	31	7		5	2	1			226	2,09	P2
VAA	<i>Gilbertiodendron ivorense</i>	35		69	48	43	32	16	2		1					246	2,28	P2
LO	<i>Parkia bicolor</i>	6		19	44	29	38	12	6	2						156	1,44	P3
RIKIO	<i>Uapaca sp.</i>	11		32	62	42	24	7	2							180	1,67	P3
TOTAUX		580	2	977	1384	1133	968	577	279	54	125	29	18	27	4	6157	57,01	

#### Annexe 5 - Effectifs par classes de diamètres des essences potentiellement exploitables de la forêt de Cavally

